

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции

УДК 621.65.004:658.012.011.56:681.586

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т62	Аймурзин Владимир Иванович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2021г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления

	<p>процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования</p>
ПК(У)-2	<p>Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий</p>
ПК(У)-3	<p>готовов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств</p>
ПК(У)-4	<p>Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования</p>
ПК(У)-5	<p>Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам</p>
ПК(У)-6	<p>Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа</p>
ПК(У)-7	<p>Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем</p>
ПК(У)-8	<p>Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать</p>

	современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и

	участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования – бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – весенний семестр 2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) /вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович	-		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н., доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 Воронин А.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т62	Аймурзин Владимир Иванович

Тема работы:

Автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 56-52/с от 25.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции. Режим работы непрерывный. На БКНС производится закачка воды для поддержания пластового давления.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы автоматизированной системы; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка схемы информационных потоков автоматизированной системы; Выбор средств реализации автоматизированной системы; Разработка схемы соединения внешних проводок; Разработка алгоритмов управления автоматизированной системы.

Перечень графического материала	Структурная схема; Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208–2013; Схема соединения внешних проводок; Алгоритм пуска и останова системы; Мнемосхема насосного агрегата БКНС
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская Марина Витальевна
Социальная ответственность	Аверкиев Алексей Анатольевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т62	Аймурзин Владимир Иванович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т62	Аймурзин Владимир Иванович

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад инженера и консультанта - 22695,68 руб., оклад руководителя проекта - 35111,5 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 15 %, районный коэффициент 30 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоемкости работ для НТИ, разработка графика проведения НТИ, составление бюджета НТИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет материальных затрат, расчет основной и дополнительной заработной платы исполнителей НИ, расчет отчислений во внебюджетные фонды, расчет бюджета затрат НИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.04.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т62	Аймурзин Владимир Иванович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т62	Аймурзин Владимир Иванович

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции. Рабочим местом является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером. Область применения – автоматизация в нефтегазовой отрасли.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021); – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; – СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; – СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95; – СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки; – ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов; – ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; – ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация; – СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: - повышенный уровень шума; - повышенный уровень вибрации; - недостаточное освещение рабочего места; - повышенный уровень электромагнитного излучения. Опасные факторы: - повышенные концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны; - движущиеся машины и механизмы; - пожароопасность и взрывоопасность.
3. Экологическая безопасность:	Атмосфера: выброс опасных веществ при эксплуатации. Гидросфера: попадание нефтепродуктов в водоем. Литосфера: пролив нефтепродуктов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: разлив нефти, утечка газа, пожар, взрыв. Наиболее типичной ЧС является пожар(возгорание).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.04.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т62	Аймурзин Владимир Иванович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 106 страницы, 14 рисунок, 36 таблиц, 29 использованных источников, 5 приложений.

Ключевые слова: система управления насосным агрегатом, автоматизированная система управления, программируемый логический контролер, математическая модель.

Объектом исследования является автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных месторождениях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Система управления может быть внедрена в реальную установку блочно-кустовую насосную станцию.

Пояснительная записка выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Word 2016. Графический материал выполнен в Microsoft Visio 2016. Для создания SCADA-системы был использован программный пакет FactoryTalkViewSiteEdition фирмы RockwellAutomation

Определения

В работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система (АС): Система, предоставляющая собой организационно-техническую систему аппаратных и программных средств, предназначенную для управления различными процессами в рамках технологического процесса;

интерфейс (RS-232, RS-485): Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой;

автоматизированное рабочее место (АРМ): Программно-технический комплекс автоматизированной системы, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида;

интерфейс оператора: Совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой;

протокол (Profibus, Modbus, HART): Набор правил интерфейса логического уровня, которые определяют обмен данными между программируемыми устройствами;

ОРС-сервер: Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта ОРС;

технологический процесс: Последовательность технологических действий, которые выполняются с момента получения исходных данных и до получения финального результата.

Обозначения и сокращения

БКНС – блочно-кустовая насосная станция;

ППД – поддержание пластового давления;

АСУ - автоматизированная система управления;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ТП – технологический процесс;

САУ – система автоматического управления;

ПО – программное обеспечение;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ОТ – охрана труда;

РВС - резервуар вертикальный стальной;

НПВ – насос перекачки воды;

ВРГ – водораспределительная гребенка;

ЦНС – центробежный насос секционный;

СТД – синхронный трехфазный двигатель;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

Содержание

Введение.....	18
1 Требование к разрабатываемой системе	19
1.1 Назначение и цели разрабатываемой системы.....	19
1.2 Требования к системе.....	20
1.2.1 Требования к техническому обеспечению.....	20
1.2.2 Требования к программному обеспечению	20
1.2.3 Требования к математическому обеспечению	21
1.2.4 Требования информационному обеспечению	22
1.2.5 Требования к метрологическому обеспечению.....	22
2 Разработка автоматизированной системы управления БКНС	24
2.1 Описание технологического процесса	24
2.2 Структурная схема АС	25
2.3 Функциональная схема автоматизации.....	26
2.4 Схема информационных потоков	27
2.5 Выбор аппаратно-технических средств.....	28
2.5.1 Выбор контроллера	28
2.5.2 Выбор датчика уровня.....	32
2.5.3 Выбор датчика давления.....	34
2.5.4 Выбор датчика расхода.....	36
2.5.5 Выбор датчика температуры	38
2.5.6 Выбор датчика перепада давления	40
2.5.7 Выбор исполнительных механизмов.....	41
2.5.7.1 Выбор насосного агрегата	42
2.5.7.2 Выбор насоса маслосистемы.....	44
2.5.7.3 Выбор электрозадвижки НА	45
2.6 Разработка схемы внешних проводок	47
2.7 Разработка алгоритмов управления	48
2.7.1 Алгоритм пуска насосного агрегата	49
2.7.2 Алгоритм остановки насосного агрегата	51

2.7.3	Алгоритм управления задвижками.....	52
2.8	Разработка экранных форм.....	55
3	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	61
3.1	Технология QuaD.....	61
3.2	SWOT-анализ	63
3.3	Структура работ в рамках научного исследования.....	64
3.4	Определение трудоемкости выполнения работ.....	66
3.5	Разработка графика проведения научного исследования.....	67
3.6	Расчет материальных затрат НТИ.....	70
3.6.1	Расчет амортизационных отчислений	71
3.6.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	74
3.6.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	75
3.6.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	76
3.6.5	Накладные расходы.....	77
3.7	Определение ресурсоэффективности исследования.....	78
3.7.1	Интегральный показатель ресурсоэффективности	78
3.8	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	80
4	Социальная ответственность	82
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	82
4.2	Производственная безопасность	84
4.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	85
4.2.1.1	Повышенный уровень шума.....	85
4.2.1.2	Повышенный уровень вибрации.....	86
4.2.1.3	Недостаточное освещение рабочего места	86
4.2.1.4	Повышенный уровень электромагнитного излучения	88
4.2.1.5	Отклонение показателей микроклимата	89
4.2.1.6	Электробезопасность	91

4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего	92
4.3 Экологическая безопасность	93
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	94
4.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	96
Заключение	97
Список используемых источников.....	98
Приложение А (обязательное) Структурная схема	102
Приложение Б (обязательное) Функциональная схема автоматизации	103
Приложение В (обязательное) Схема внешних проводок	104
Приложение Г (обязательное) Блок-схема алгоритмов пуска и остановки.....	105
Приложение Д (обязательное) Мнемосхема насосного агрегата БКНС	106

Введение

Автоматизированные системы управления технологическими процессами нефтегазодобывающей отрасли выполняют ряд функций, без которых сегодня невозможен процесс добычи и подготовки нефти. Это такие функции как измерение, отображение, регистрация параметров технологического процесса, автоматизированное регулирование и управление оборудованием, передача управляющих воздействий оператора на технологический процесс. От того, насколько эффективно выполняются эти функции, зависят технико-экономические показатели предприятий и безопасность технологического процесса для людей и окружающей среды.

Цель автоматизации – повышение производительности труда, улучшение качества продукции, оптимизация управления, устранение человека от процессов, опасных для здоровья, уменьшение времени обработки данных.

Автоматизация обладает рядом преимуществ, к основным преимуществам можно отнести:

- замена человека в задачах, включающих тяжелый физический или монотонный труд;
- замена человека при выполнении задач в опасных условиях (а именно: пожар, космос, извержения вулканов, ядерные объекты, под водой и т.д.);
- выполнение задач, которые выходят за рамки человеческих возможностей по весу, скорости и выносливости;
- экономическая эффективность. Автоматизация может вносить улучшения в экономику предприятия, общества.

1 Требование к разрабатываемой системе

1.1 Назначение и цели разрабатываемой системы

Автоматизированная система предназначена для контроля и управления технологическими процессами БКНС, а также для обеспечения обслуживающего персонала оперативной и достоверной информацией о ходе технологического процесса.

Основными функциями системы являются:

- контроль состояния основного и вспомогательного технологического оборудования БКНС, оповещение и сигнализация в случае возникновения неисправностей и аварийных ситуаций;
- контроль и управление в автоматическом и ручном режиме насосными агрегатами;
- анализ отказов оборудования, времени наработки;
- оценка происходящих изменений и выдача, при необходимости, управляющих воздействий на технологическое оборудование объектов управления БКНС;
- обеспечение постоянного контроля работоспособности оборудования и технологических объектов управления БКНС;
- обеспечение безопасности работы оборудования и объектов управления БКНС при всех режимах эксплуатации;
- сокращение количества остановок и аварий технологического оборудования;
- сокращение времени простоев оборудования и достижения его оптимальной загрузки;
- обеспечение защиты информации от несанкционированного доступа.

1.2 Требования к системе

1.2.1 Требования к техническому обеспечению

Основные требования к техническому обеспечению:

- оборудование, устанавливаемое на объекте, в зависимости от климатических условий региона, должно быть устойчивым к воздействию окружающих температур от минус 40 °С до плюс 60 °С и влажности не менее 70 % при температуре плюс 35 °С;
- компоновка оборудования должна обеспечивать доступ к каждому элементу конструкции внутреннего обустройства блока и механизмам;
- конструкция БКНС должна обеспечивать удобные условия эксплуатации и исключать излишние перемещения оператора;
- корпуса и чувствительные элементы датчиков должны быть выполнены из материалов, устойчивых к перекачиваемой среде;
- все средства КИП и А должны быть выполнены во взрывобезопасном исполнении;
- электрические цепи должны быть искробезопасными;
- исполнительные механизмы должны иметь ручной привод и указатели крайних положений с передачей этой информации в систему для сигнализации состояния исполнительного механизма;
- контроллеры должны иметь необходимые интерфейсы передачи данных на верхний уровень АСУ ТП и иметь запасные каналы ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов не менее 20 % [2].

1.2.2 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение должно выполнять следующие функции:

- сбор и обработку аналоговых измерений;
- сбор и обработку дискретных сигналов аварий, предупредительной сигнализации и состояний технологического оборудования;
- контроль выхода за уставки технологических параметров и формирование соответствующих воздействий и предупредительных сигналов;
- автоматическое регулирование параметров;

- управление технологическим оборудованием;
- обмен информацией с верхним уровнем управления - SCADA;
- масштабирование и перевод в инженерные единицы входных сигналов;
- обработка полученной информации, формирование и ведение базы данных тегов;
- формирование текущих событий и истории событий;
- авторизация пользователей, контроль доступа, защита от несанкционированного доступа к АСУТП и управлению технологическим оборудованием;
- отображение полученной информации в форме таблиц, мнемосхем и графиков [2].

1.2.3 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АСУ ТП – это совокупность математических моделей, методов, алгоритмов решения различных задач, используемая на этапе проектирования и в процессе эксплуатации АСУ ТП.

К математическому обеспечению относятся:

- методы фильтрации сигналов;
- методы идентификации математических моделей;
- математические модели объектов управления;
- методы анализа, синтеза и настройки контуров регулирования;
- алгоритмы управления и регулирования;
- методы анализа устойчивости и точности систем;
- методы и алгоритмы оптимизации;
- методы принятия решений;
- алгоритмы адаптации параметров системы управления;
- алгоритмы косвенных измерений;
- методы прогнозирования случайных последовательностей;
- методы наблюдения состояния динамической системы;
- интеллектуальные алгоритмы управления.

1.2.4 Требования информационному обеспечению

Информационное обеспечение АСУ ТП включает:

- исходные данные, используемые в процессе разработки или эксплуатации системы;
- промежуточные данные, хранящиеся в базах данных реального времени, используемые для дальнейшей обработки;
- выходные данные, передаваемые для реализации на исполнительные устройства, отображаемые визуально на панелях операторов, табло и мониторах рабочих станций;
- данные, передаваемые пользователям в электронном или бумажном виде;
- принятые формы входных и выходных документов (электронных или бумажных);
- систему кодирования информации;
- электронные архивы данных [3].

В состав информационного обеспечения АСУ ТП входят компоненты на бумажных носителях и на электронных носителях. Так, например, к компонентам информационного обеспечения АСУ ТП можно отнести технологический регламент, определяющий допустимые пределы изменения технологических параметров, условия аварийных отключений, порядок пуска и останова оборудования и т.п. К информационному обеспечению АСУ ТП относятся входные сигналы, поступающие от датчиков, а также выходные сигналы на исполнительные устройства, архивы нарушений технологического регламента, графики изменений контролируемых параметров, сформированные на экране монитора и т.п. [4].

1.2.5 Требования к метрологическому обеспечению

Метрологическое обеспечение АСУ ТП – установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерения.

На стадии внедрения должна производиться метрологическая аттестация измерительных каналов системы и метрологических характеристик в целом в соответствии с ГОСТ 8009-84 [5].

Средства измерения, каналы измерения и контроллеры (система измерения) должны:

- иметь отметку/свидетельство о действующей поверке или соответствующую отметку в паспорте о первичной поверке;
- подвергаться поверке органами Государственной метрологической службы;
- иметь паспорт, техническое описание, инструкцию по эксплуатации, методику поверки;
- обеспечивать работоспособность в климатических условиях региона размещения;
- иметь степень защиты оболочки не менее IP65 (взрывозащищенное исполнение) [2].

2 Разработка автоматизированной системы управления БКНС

2.1 Описание технологического процесса

Блочная кустовая насосная станция предназначена для закачки в пласт предварительно подготовленных пластовых вод (подтоварной воды) в нагнетательные скважины системы поддержания пластового давления нефтяных месторождений.

БКНС представляет собой комплекс технологических и электротехнических блоков заводского исполнения со смонтированным в заводских условиях технологическим оборудованием и трубопроводами, запорно-регулирующей арматурой, средствами КИПиА, системами отопления, освещения и вентиляции.

Работа БКНС происходит следующим образом: подтоварная вода с очистных резервуаров РВС по приёмному коллектору через задвижки поступает на прием насосов перекачки воды (НПВ), расположенных в насосном блоке очищенной пластовой воды. После насоса вода под давлением с выкида НПВ по коллектору через запорную арматуру и фильтры поступает на прием БКНС. Пройдя насосные агрегаты, жидкость через счётчики воды, обратные клапаны и выкидные задвижки поступает на водораспределительную гребенку ВРГ, после чего поступает в напорный коллектор, и далее жидкость направляется к нагнетательным скважинам. БКНС состоит из нескольких однотипных насосных агрегатов. Для смазки и охлаждения подшипников предусмотрена масляная система смазки для насосов ЦНС и двигателей СТД. Система смазки состоит из рабочего и резервного масляного насосов, оборудованных фильтрами очистки масла, рабочего и резервного маслобаков и маслоохладителей. Масло в маслосистеме подается насосами шестереночного типа, маслонасос имеет привод от электродвигателя. Охлаждение масла – воздушное.

2.2 Структурная схема АС

Структурная схема автоматизированной системы БКНС основана на трехуровневой иерархической системе. В данную систему входит комплект технических и программных средств нижнего, среднего и верхнего уровней.

Нижний (полевой) уровень системы представляет собой различные датчики (сенсоры), интеллектуальные средства измерения, контроля, исполнительные механизмы и электроприводы. Полевой уровень системы состоит из следующих датчиков:

- датчики избыточного давления;
- датчики перепада давления;
- датчики температуры;
- датчики уровня;
- датчики расхода.

Средний (контроллерный) уровень – уровень управления и регулирования, запуска и отключения оборудования. Информация с нижнего уровня управления – датчиков, исполнительных механизмов – посредством аналоговых, дискретных сигналов, поступает на средний уровень системы ПЛК. К функциям программируемых логических контроллеров относятся обработка и хранение информации, поступающей с нижних уровней. На основе полученной информации контроллеры вырабатывают сигналы и передают их в высшие подсистемы, а также обеспечивают выдачу воздействий на исполнительные механизмы. Шкафы контроллеров размещены в отдельном аппаратном помещении БКНС. Датчики и исполнительные механизмы подключаются при помощи модулей ввода/вывода через защищенный кабельный ввод и барьеры искрозащиты.

Информация с контроллеров поступает на верхний уровень системы, который состоит из SCADA-серверов, коммутатора сети Ethernet, персональных компьютеров (ПК) станций оператора. Доступ к информации из локальной сети осуществляется общедоступными средствами (OPC, SQL и

т.п.). Связь компонентов системы (контроллеров среднего уровня, SCADA-серверов, станций оператора) осуществляется по сети Ethernet (витая пара).

Система управления обеспечивает непрерывное ведение технологического процесса, сохраняет свои основные функции при выходе из строя отдельных элементов.

Разработанная трехуровневая структурная схема представлена в Приложении А.

2.3 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации (ФСА) предназначена для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации технологических процессов.

Функциональная схема автоматизации является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме автоматизации изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

В данной работе функциональная схема автоматизации разработана в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила

выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов», представлена в Приложении Б [6, 7].

2.4 Схема информационных потоков

Схема информационных потоков состоит из трех уровней сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки);
- средний уровень (уровень текущего хранения);
- верхний уровень (уровень архивного хранения).

Для того чтобы идентифицировать элементы контроля и управления, используют идентификаторы (ТЕГ). Структура идентификаторов имеет следующий вид: AAA_BBB_CCCC_DDDDD.

AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- FLO – расход;
- PRE – давление;
- PRP – перепад давления;
- TEM – температура;
- LEV – уровень;
- VOL – напряжение;
- AMP – ток;
- VIB – вибрация.

BBB – код технологического аппарата, максимум 3 символа, может принимать следующие значения:

- FIL – фильтр;
- LVS – линия всасывания;
- LNA – линия нагнетания;
- NAS – насос водяной;
- PRI – электропривод насоса;
- REZ – маслобак.

CCCC – уточнение, 4 символ, может принимать следующие значения:

- VODA – вода;
- MASL – масло;
- PODS – подшипник;
- PITA – питающая сеть.

DDDDD – примечание, не более 5 символов:

- NORMA – рабочий диапазон;
- AVRHH – верхняя аварийная сигнализация;
- AVRLL – нижняя аварийная сигнализация;
- PREDH – верхняя предупредительная сигнализация;
- PREDL – нижняя предупредительная сигнализация.

Кодировка тэгов показана в таблице 1.

Таблица 1 – Кодировка тэгов

Кодировка	Расшифровка
PRE_LVS_VODA	Давление воды в линии всасывания
PRE_LNA_VODA	Давление воды в линии нагнетания
PRP_FIL_VODA_PREDH	Перепад давления на водяном фильтре, верхняя предупредительная сигнализация
PRP_FIL_MASL	Перепад давления на масляном фильтре
FLO_LNA_VODA	Расход воды в линии нагнетания
TEM_REZ_OIL_AVRHH	Температура масла в маслобаке, верхняя аварийная сигнализация
TEM_NAS_PODS_PREDL	Температура подшипников электропривода, нижняя предупредительная сигнализация
LEV_REZ_OIL_AVRLL	Уровень масла в резервуаре, нижняя аварийная сигнализация
VOL_PRI_PITA_NORMA	Напряжение питания электропривода насоса
AMP_NAS_PITA	Потребляемый ток водяного насоса

2.5 Выбор аппаратно-технических средств

2.5.1 Выбор контроллера

Для выбора ПЛК были рассмотрены следующие виды контроллеров: Siemens S7-400H, Mitsubishi Melsec, Allen-Bradley MicroLogix1500 (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительный анализ контроллеров

	Siemens S7-400	Mitsubishi Melsec	Allen-Bradley MicroLogix1500
Модули ввода/вывода	Модульного типа до 4000 точек	Подключение дополнительных модулей до 1024 точек	Модульного типа до 4000 точек
Время цикла	0,1 мс	0,2 мс	0,1 мс
Резервирование	128 МБ на flash память	128 МБ на flash память	128 МБ на flash память
Протокол	RS-485, Modbus RTU, Profibus, Ethernet	RS-485, Modbus RTU, Profibus, Ethernet	Ethernet/IP, ControlNet, DeviceNet, Data Highway Plus, RS-485, RS-232, Modbus RTU
Языки программирования	FBD, LD, CFC, STL	FBD, LD, CFC, STL	FBD, LD, CFC, STL
Средняя наработка на отказ	170 000 ч	150 000 ч	200 000 ч
Цена	250000 Р	180000 Р	210000 Р

Из сравнительного анализа представленных ПЛК был выбран Allen-Bradley MicroLogix1500. Он удовлетворяет всем требованиям к техническому, метрологическому обеспечению, а также к требованиям надежности. При этом обладает средней ценой среди представленных вариантов. Модульная конструкция очень удобна, что позволяет менять объем автоматизации, повышенная надежность за счет резервирования процессора, высокая средняя наработка на отказ.

Внешний вид контроллера MicroLogix1500 представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Allen-Bradley MicroLogix1500

Архитектура MicroLogix 1500 демонстрирует инновационный способ разработки устройства в виде пары модулей с единой площадью крепления. Модуль процессора вставляется в базовый модуль и вместе образуют законченный контроллер. Процессор и базовый модуль можно заменять независимо друг от друга, что позволит максимально использовать возможности встроенного ввода/вывода и, в то же время, минимизировать стоимость оборудования.

Компактные модули ввода/вывода расширяют возможности, предлагаемые каналами ввода/вывода, встроенными в базу контроллера, и обеспечивают дополнительную гибкость, достаточную для широкого круга приложений. Эта платформа ввода/вывод – высокопроизводительная, модульная, не требующая шасси («безрэковая»), – предоставляет фронтальный доступ для монтажа модулей и проводов, что снижает стоимость системы и время ее обслуживания.

Новые возможности предоставляются расширенным пользовательским интерфейсом, в который включены функциональные файлы для использования стандартных процедур программирования. Это упрощает пользовательский интерфейс и увеличивает производительность контроллера.

Преимущества:

- память большой емкости, достаточная для широкого круга приложений. Процессор 1764-LRP с емкостью памяти 14 К для программ пользователя;
- инструкция Recipe (RCP) сохраняет списки рецептов пользователя;
- инструкция регистрации данных Data logging позволяет записывать данные с меткой времени (по выбору) в отдельной области памяти 48 К;
- возможность расширения системы (до 16 модулей ввода/ вывода);
- дополнительный конфигурируемый коммуникационный порт RS-232 и RS-485 на процессоре 1764-LRP для одноранговых сетей и SCADA/RTU-сетей, DH-485, DeviceNet и EtherNet/IP;
- батарея (встроенная и, по желанию, сменная);
- переключатель режимов Run/Remote/Program;
- дополнительный встраиваемый дисплей (DAT — Data Access Tool) для контроля и изменения значений целых чисел и битов (по выбору);
- два быстродействующих выхода, которые можно сконфигурировать как выходы 20 кГц PTO (Pulse Train Output) или как PWM (Pulse Width Modulated);
- восемь быстродействующих входов-защелок;
- съемные клеммники на всех базовых блоках и модулях расширения позволяют производить предварительный монтаж проводов [8].

Контроллеры MicroLogix имеют однозадачную операционную систему (ОС) с приоритетным прерыванием, которая соответствует IEC 61131-3.

Контроллеры MicroLogix поддерживают язык программирования лестничной логики (LadderDiagram) и предоставляют комплект инструкций, выполняющихся так, как определено спецификацией IEC 61131-3.

Средство разработки, отладки и загрузки программного обеспечения контроллера – пакет RSLogix500 фирмы RockwellSoftware.

RSLogix500 предлагает простой, совместимый со стандартом IEC61131-3 интерфейс, поддерживает редактор лестничной логики.

ПО контроллера выполняет следующие функции:

- сбор и обработку аналоговых измерений;
- сбор и обработку дискретных сигналов аварий, предупредительной сигнализации и состояний технологического оборудования;
- контроль выхода за уставки технологических параметров и формирование соответствующих воздействий и предупредительных сигналов;
- автоматическое регулирование параметров;
- управление технологическим оборудованием;
- обмен информацией с верхним уровнем управления – SCADA;
- масштабирование и перевод в инженерные единицы входных сигналов.

2.5.2 Выбор датчика уровня

Для выбора датчика уровня были рассмотрены следующие варианты уровнемеров: KRONHE BM-100A, ДУУЗ-01, ПМП-062 (таблица3).

Таблица 3 – Сравнительный анализ датчиков уровня

	KRONHE BM-100A	ДУУЗ-01	ПМП-062
Измеряемые среды	Жидкость, сжиженный газ	Жидкость	Жидкость
Диапазон измерения	0 – 4200 мм	0 – 4000 мм	0 – 6000 мм
Предел погрешности	± 0,15 %	± 0,25 %	± 0,2 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА HART	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Взрывозащита	ExibIIBT6-T3	ExibIIBT5	Ga/Gb ExdIIB T3
Срок службы	10 лет	10 лет	15 лет
Метод измерения	Бесконтактный	Контактный	Контактный
Цена	35000 Р	22000 Р	15000 Р

Из сравнительного анализа представленных уровнемеров был выбран ПМП-062. Он удовлетворяет всем требованиям к техническому, метрологическому обеспечению, а также к требованиям надежности. При этом обладает самой низкой ценой среди вариантов.

Внешний вид уровнемера ПМП-062 представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Датчик уровня ПМП-062

Корпус изготавливается из алюминиевого сплава с окисным фторидным электропроводным покрытием, окрашивается порошковой краской, имеет внешний и внутренний зажимы заземления, один или два кабельных ввода. По заказу комплектуется устройствами крепления защитной оболочки кабеля различных типов. Внутри корпуса размещена электронная плата с клеммами для подключения, доступ к которым осуществляется через съёмную крышку.

Крепление к резервуару изготавливается в соответствии с пожеланиями заказчика. В направляющей, изготовленной из коррозионностойкой стали, установлена электронная плата с магниточувствительными контактами (герконами). Поплавок с магнитом свободно перемещается по направляющей вместе с изменяющимся уровнем среды, замыкая герконы. Непрерывность измерения с шагом 5 мм достигается установкой герконов в ряд и соединением их через резисторы по схеме резистивного делителя напряжения, цепи которого подключены к плате блока управления.

Предназначен для измерения уровня жидких некристаллизующихся сред, нефтепродуктов и его преобразования в унифицированный токовый сигнал (4 – 20) мА.

Имеет дополнительные выходы в виде магнитоуправляемых контактов, замыкающихся при достижении нижнего и (или) верхнего пределов измерений.

Особенности:

- магнитоуправляемые контакты, переключающиеся при достижении верхней и (или) нижней границы уровня;
- антивандальный корпус из алюминиевого сплава или коррозионностойкой стали;
- взрывобезопасное исполнение;
- инверсное исполнение для монтажа в дно резервуара;
- простое применение и ввод в эксплуатацию;
- транспортное исполнение для передвижных резервуаров, включая морские и речные суда;
- большой выбор устройств крепления защитных оболочек кабеля (металлорукавов, бронекабелей, труб) [9].

2.5.3 Выбор датчика давления

Для выбора датчика давления были рассмотрены следующие варианты: Метран-150TG, Rosemount 3051C, YokogawaEJXA (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнительный анализ датчиков давления

	Метран-150TG	Rosemount 3051C	YokogawaEJXA
Измеряемая среда	Пар, газ, жидкость	Пар, газ, жидкость	Пар, газ, жидкость
Диапазоны пределов измерений	(0 – 30) МПа	(0 – 27,58) МПа	(0 – 30) МПа
Предел допускаемой погрешности	$\pm 0,075 \%$	$\pm 0,065 \%$	0,04 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА, HART	(4 – 20) мА, HART	(4 – 20) мА
Температура окружающей среды	(минус 55 – 80) °С	(минус 57 – 85) °С	(минус 40 – 70) °С
Срок службы	15 лет	12 лет	13 лет
Цена	30000 Р	32000 Р	38000 Р

Из сравнительного анализа представленных датчиков давления был выбран Метран-150TG. Он удовлетворяет всем требованиям к техническому, метрологическому обеспечению, а также к требованиям надежности. При этом обладает самой низкой ценой среди вариантов.

В состав датчика давления входит сенсор и электронный преобразователь. Сенсор состоит из измерительного блока и аналого-цифрового преобразователя (АЦП). В камере измерительного блока деформируется чувствительный элемент (емкостная измерительная ячейка) и меняется электрический сигнал емкостей по обеим сторонам от измерительной мембраны под действием давления среды через разделительную мембрану на измерительную. Емкостной сигнал измеряет АЦП и преобразует в выходной сигнал датчика.

Внешний вид датчика давления Метран-150TG представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Датчик давления Метран-150 TG

В измерительных блоках моделей TG используется тензорезистивный тензомодуль на кремниевой подложке. Чувствительным элементом тензомодуля является пластина из кремния с пленочными тензорезисторами. Давление через разделительную мембрану и разделительную жидкость передается на чувствительный элемент тензомодуля. Воздействие давления вызывает изменение положения чувствительного элемента, при этом

изменяется электрическое сопротивление его тензорезисторов, что приводит к разбалансу мостовой схемы. Электрический сигнал, образующийся при разбалансе мостовой схемы, измеряется АЦП и подается в электронный преобразователь, который преобразует это изменение в выходной сигнал [10].

2.5.4 Выбор датчика расхода

Для выбора датчика расхода были рассмотрены следующие варианты: ЭМИС-ВИХРЬ 200, SIEMENS SITRANS FX300, Взлет ППД (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнительный анализ датчиков расхода

	ЭМИС-ВИХРЬ 200	SITRANS FX300	Взлет ППД
Тип датчика	Вихревой	Вихревой	Электро- магнитный
Измеряемая среды	Жидкости	Газ, пар, жидкость	Жидкости
Диапазон пределов измерений	(8 – 250) м ³ /ч	(10 – 420) м ³ /ч	(5 – 760) м ³ /ч
Предел допустимой погрешности	± 0,5 %	± 1 %	± 0,1 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА, Modbus RTU	(4 – 20) мА, HART	RS-485, частотный
Взрывозащита	Exdib[iaGa]IIC	Ex, Exd	2ExemIIТ4 X
Цена	40000 Р	62000 Р	28000 Р

Из сравнительного анализа представленных датчиков расхода был выбран Взлет ППД. Он удовлетворяет всем требованиям к техническому, метрологическому обеспечению, а также к требованиям надежности. При этом обладает самой низкой ценой среди вариантов.

Расходомер-счетчик электромагнитный «ВЗЛЕТ ППД» предназначен для измерения среднего объемного расхода и объема электропроводящих жидкостей в широком диапазоне температур и проводимостей, в том числе, минерализованной оборотной воды. Основная сфера применения расходомера

«ВЗЛЕТ ППД» – системы поддержания пластового давления на нефтепромыслах.

Внешний вид датчика расхода Взлет ППД представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Расходомер Взлет ППД

Принцип работы расходомера основан на измерении электродвижущей силы (ЭДС) индукции, возникающей в объеме электропроводящей жидкости, движущейся в магнитном поле, создаваемом электромагнитной системой во внутренней полости проточной части первичного преобразователя расхода. Электромагнитный первичный преобразователь расхода (ППР) представляет собой полый магнитопроницаемый цилиндр, снаружи которого размещены обмотки электромагнита. Внутренняя поверхность цилиндра имеет электроизоляционное покрытие. Для съема измерительного сигнала в стенках цилиндра диаметрально расположены два электрода, контактирующие с контролируемой жидкостью.

Расходомер состоит из электромагнитного первичного преобразователя расхода и вторичного преобразователя (микропроцессорного блока электроники) – блока измерения. В корпусе блока измерения установлена плата

модуля обработки. Плата модуля индикации в расходомере установлена на переднюю панель и соединяется с модулем обработки шлейфом. Модуль обработки блока измерения обеспечивает:

- питание обмоток электромагнита;
- прием и обработку измерительного сигнала (ЭДС индукции), определение среднего объемного расхода;
- преобразование измеренного среднего объемного расхода в последовательность выходных импульсных сигналов;
- определение направления потока и выдачу сигнала направления потока в виде уровня логического сигнала;
- накопление объема и времени наработки нарастающим итогом;
- диагностику работы прибора;
- хранение установочных и накопленных данных;
- обмен по последовательному интерфейсу RS-485 [11].

2.5.5 Выбор датчика температуры

Для выбора датчика температуры были рассмотрены следующие варианты: Метран ТСМУ-205Ех, WIKA TR10-F, ОВЕН ДТПК-И (таблица 6).

Таблица 6 – Сравнительный анализ датчиков температуры

	Метран ТСМУ-205Ех	WIKA TR10-F	ОВЕН ДТПК-И
Измеряемые среды	Нейтральные агрессивные среды, поверхности твердых тел	Нейтральные агрессивные среды	Нейтральные агрессивные среды
Диапазон измеряемых температур	(минус 50 – 180) °С	(минус 200 – 600) °С	(минус 50 – 150) °С
Предел допускаемой погрешности	0,25 %	0,1 %	0,25 %
Потребляемая мощность	0,5 Вт	1 Вт	-
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, HART	(4 – 20) мА, HART

Продолжение таблица 6

Взрывозащищенность	ExdIICT6	EExiaIICT6	ExdIICT6
Срок службы	7 лет	5 лет	5 лет
Цена	7000 Р	11000 Р	9000 Р

Из сравнительного анализа представленных датчиков температуры, был выбран Метран ТСМУ-205Ех. Он удовлетворяет всем требованиям к техническому, метрологическому обеспечению, а также к требованиям надежности. При этом обладает самой низкой ценой среди вариантов и имеет возможность установки на поверхности подшипников.

Внешний вид датчика температуры Метран-205 Ех представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Датчик температуры Метран ТСМУ-205Ех

Термопреобразователи обеспечивают непрерывное преобразование температуры в унифицированный сигнал постоянного тока (4 – 20) мА. Предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами.

Термопреобразователи состоят из первичного преобразователя температуры (ПП) и измерительного преобразователя (ИП). В качестве первичных преобразователей температуры используются термопреобразователи сопротивления 100М и Pt100 или термоэлектрические

преобразователи ТХА (К). ИП предназначен для преобразования сигнала от первичного преобразователя в токовый выходной сигнал [12].

2.5.6 Выбор датчика перепада давления

Для выбора датчика перепада давления были рассмотрены следующие варианты: Метран-150CD, АИР-20/М2-МВ, PIEZUS AMZ 5050 (таблица 7).

Таблица 7 – Сравнительный анализ датчиков перепада давления

	Метран-150CD	АИР-20/М2-МВ	PIEZUS AMZ 5050
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар
Диапазоны измерений	(0 – 0,25) МПа	(0 – 0,25) МПа	(0 – 0,7) МПа
Предел допустимой погрешности	$\pm 0,1 \%$	$\pm 0,1 \%$	$\pm 0,15 \%$
Выходной сигнал	(4 – 20) мА, HART	(4 – 20) мА, HART, RS-485	(4 – 20) мА, HART
Взрывозащита	1ExdbIICT6...T5 GbX	1ExdIICT6	1ExdIICT6
Температура окружающей среды	минус 55 – 80 °С	минус 50 – 70 °С	минус 40 – 105 °С
Срок службы	12 лет	5 лет	7 лет
Цена	35000 Р	37000 Р	42000 Р

Из сравнительного анализа представленных датчиков перепада давления был выбран Метран-150CD. Он удовлетворяет всем требованиям к техническому, метрологическому обеспечению, а также к требованиям надежности. При этом обладает самой низкой ценой среди вариантов.

Датчики давления Метран-150CD предназначен для измерения разности давлений. Датчики обеспечивают непрерывное преобразование давления в аналоговый выходной сигнал постоянного тока и в цифровой выходной сигнал в стандарте протокола HART. Датчики предназначены для измерения давления рабочих сред: жидкости, пара, газа. Датчики предназначен для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности.

Датчики предназначены для работы во взрывобезопасных и взрывоопасных условиях.

Внешний вид датчика давления представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Датчик перепада давления Метран – 150CD

Измерительный блок датчиков моделей 150CD, состоит из корпуса и емкостной измерительной ячейки. Емкостная ячейка изолирована механически, электрически и термически от технологической измеряемой среды и окружающей среды. Измеряемое давление передается через разделительные мембраны и разделительную жидкость к измерительной мембране, расположенной в центре емкостной ячейки. Воздействие давления вызывает изменение положения измерительной мембраны. Изменение положения мембраны приводит к появлению разности емкостей между измерительной мембраной и пластинами конденсатора, расположенным по обеим сторонам от измерительной мембраны. Разность емкостей измеряется АЦП, преобразуется электронным преобразователем в соответствующий выходной сигнал (4 – 20) мА [10].

2.5.7 Выбор исполнительных механизмов

В качестве исполнительных механизмов были выбраны:

- насосный агрегат НА, состоящий из насоса ЦНС и электродвигателя СТД;
- насосы маслосистемы;

- выкидные электрозадвижки насосных агрегатов.

2.5.7.1 Выбор насосного агрегата

Эффективность систем поддержания пластового давления (ППД) во многом зависит от надежности и эффективности работы насосного оборудования. Повысить эти показатели можно оптимизацией режимов работы насосов, совершенствованием их конструкции и узлов, применением стойких к перекачиваемой среде материалов, улучшением системы обслуживания и ремонта оборудования на месте эксплуатации. Между тем в настоящее время проблема неправильного подбора насосного оборудования и его рабочих характеристик по-прежнему актуальна. Эксплуатация не оптимально подобранного насосного агрегата зачастую сопровождается значительным увеличением температуры, снижением ресурса работы подшипников и уплотнений в результате повышенной вибрации, а также перегрузкой электродвигателя.

Для закачивания воды в пласт будем использовать насос ЦНС 240-1150 с электродвигателем СТДМ-1250. Это оптимальный состав насосного агрегата по коэффициенту полезного действия, напору, степени загрузки, расходу электроэнергии и кавитационному запасу. Электродвигатель выбран с запасом по мощности, что увеличивает его ресурс.

Агрегаты типа ЦНС представляют собой центробежные насосы для перекачивания химически нейтральных жидкостей. ЦНС 240 используется для работы с пресными, сточными и обратными пластовыми водами, которые закачивают в нефтеносные пласты с целью искусственного поддержания внутрипластового давления при добыче нефти на месторождениях. Для изготовления этих насосов используют коррозионно-устойчивую сталь, которая гарантирует долговечность насоса.

Технические характеристики насоса и электродвигателя приведены в таблице 8 [13, 14].

Таблица 8 – Характеристики насосного агрегата

Насос	ЦНС 240-1150
Подача (номинальная)	240 м ³ /ч
Напор	1150 м
Мощность, потребляемая насосом (номинальная)	970 кВт
Электродвигатель	СТДМ-1250
Напряжение	6000 В
Мощность	1250 кВт
Частота вращения (номинальная)	3000 об/мин

Внешний вид насоса ЦНС 240-1150 и электродвигателя СТДМ-1250 представлены на рисунках 7 и 8.

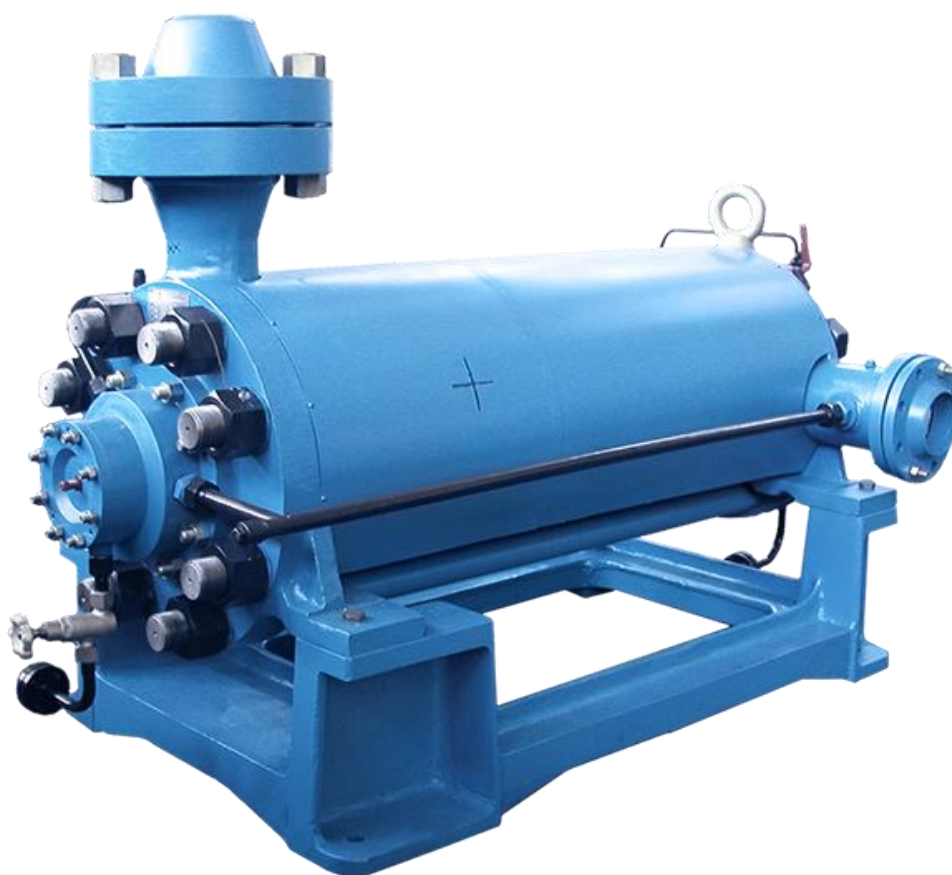


Рисунок 7 – Насос ЦНС 240-1150

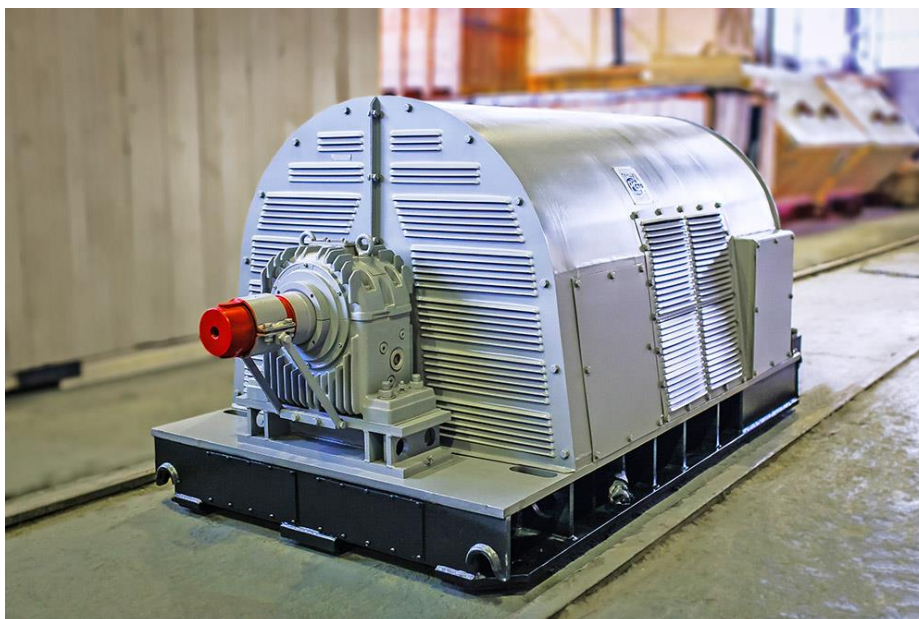


Рисунок 8 – Электродвигатель СТДМ-1250

2.5.7.2 Выбор насоса маслосистемы

Маслосистемы обеспечивает смазку и охлаждение подшипников насосного агрегата маслом, для циркуляции масла будем использовать масляный насос НМШ 8-25-6,3/10.

Шестеренный насос НМШ имеет объемный принцип работы, когда при вращении шестерен на стороне всасывания в жидкости создается разрежение. Под атмосферным давлением жидкость легко заполняет впадины между зубьями шестерен и под воздействием движущихся шестерен перемещается в сторону нагнетания, в нагнетательный патрубок. Перекачиваемые маслонасосом жидкости должны обладать смазывающей способностью и не вызывать коррозию металла рабочих органов агрегата. Технические характеристики маслонасоса приведены в таблице 9 [15].

Таблица 9 – Характеристики маслонасоса

Наименование	НМШ 8-25-6,3/10
Подача	6,3 м ³ /ч
Давление нагнетания	0,25 МПа
Мощность насоса	1,5 кВт
Напряжение	380 В
Вид перекачиваемого продукта	Масло, нефть, мазут
Частота вращения	1450 об/мин

Внешний вид маслонасоса НМШ 8-25 представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Маслонасос НМШ 8-25-6,3/10

2.5.7.3 Выбор электродвигжки НА

Для выбора выкидной запорной арматуры были рассмотрены следующие варианты: Rotork IQ90, AUMA SA 07.2 / RWG, РэмТЭК-02 (таблица 10).

Таблица 10 – Сравнительный анализ электродвигжек

	Rotork IQ90	AUMA SA 07.2 / RWG	РэмТЭК-02
Температурный диапазон	минус 40 – 60 °С	минус 40 – 80 °С	минус 60 – 50 °С
Крутящий момент	0 – 730 Нм	10 – 1000 Нм	5 – 850 Нм
Напряжение	380 В	380 В	380 В
Скорость вращения	0 – 173 об/мин	4 – 180 об/мин	0 – 150 об/мин
Автоматизируемая арматура	Клапаны запорные, регулирующие, задвижки	Клапаны запорные, регулирующие, задвижки	Клапаны запорные, регулирующие, задвижки
Цена	180000 Р	162000 Р	150000 Р

Из сравнительного анализа представленных электродвигжек была выбрана AUMA SA 07.2/RWG. Она удовлетворяет всем требованиям к техническому, метрологическому обеспечению, а также к требованиям надежности. Также она может работать при высокой температуре окружающей среды.

Конструктивно шиберная задвижка представляет собой обычную заслонку (затвор) – плоскую или клиновидную в сечении – которая перекрывает поток жидкости перпендикулярно его течению. В зависимости от своего положения элемент может закрывать трубопровод полностью или частично. Устройство шиберной задвижки предполагает также наличие дополнительных элементов – помимо самого ножа (шибера) – стойки, шпинделя, маховика, уплотнителей. Все вышеперечисленные элементы крепятся к корпусу или располагаются внутри него [16].

Если необходимо управлять шиберными задвижками больших размеров, прибегают к помощи автоматического привода. Шиберные задвижки с электроприводом для фиксации крайних положений ножа оснащены концевыми выключателями.

Для дистанционной индикации о положении запирающего элемента арматуры в электропривод вмонтирована плата с датчиком положения RWG. Для ручного управления предусмотрен маховик. При настройке и вводе в эксплуатацию, а также в случае неисправности двигателя и потери питания, привод может управляться вручну. Ручное управление включается с помощью механики переключения, и выключается автоматически после включения мотора. При электромеханическом управлении маховик не двигается.

Основные возможности приводов AUMA:

- автоматическая коррекция фаз;
- цифровые протоколы передачи данных;
- архивирование наиболее важных параметров работы;
- диагностика параметров работы привода;
- изменяемая скорость привода;
- программируемое поведение в аварийных ситуациях [17].

Внешний вид шиберные задвижки с электроприводом AUMA SA 07.2 / RWG представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Задвижка с электроприводом AUMA

2.6 Разработка схемы внешних проводов

Для передачи сигналов с датчиков: давления, температуры, уровня, расхода и перепада давления был выбран кабель КВВГЭнг. Это экранированный кабель в поливинилхлоридной оболочке с медными жилами.

Расшифровка аббревиатуры кабеля КВВГЭнг:

- К - кабель контрольный;
- В - (первая) проводники изготовлены из ПВХ-пластика;
- В - (вторая) жилы помещены в ПВХ-оболочку;
- Г - кабель не имеет внешнего защитного слоя;
- Э - наличие защитного экрана.

Кабель КВВГЭнг предназначен для прокладки в помещениях и на открытом воздухе при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации и защиты электрических цепей от влияния внешних электрических полей. Технические характеристики кабеля показаны в таблице 11 [18]. Разработанная схема внешних проводов представлена в Приложении В.

Таблица 11- Характеристики кабеля КВВГЭнг

Наименование	КВВГЭнг
Диапазон рабочих температур	(минус 50 – 50) °С
Минимальная температура монтажа	минус 15 °С
Максимальная температура жилы	70 °С
Срок службы:	
в грунте	15 лет
в помещении	30 лет

2.7 Разработка алгоритмов управления

Алгоритм является унифицированным для всех насосов. Конфигурационные данные заполняются и подтверждаются для каждого насоса индивидуально. Неподтвержденные сигналы исключаются из обработки на всех стадиях алгоритма.

Управление насосами осуществляется в трех режимах управления: «местном», «проверка», «автоматическом». Переключение режимов осуществляется оператором по месту.

В местном режиме контроллер в управлении насосом не участвует: параметры готовности к пуску не контролируются, аварийный останов не отрабатывается. При переходе в местный режим сбрасываются все аварии, алгоритм инициализируется и готов к переходу в режим «автоматический» для подготовки к пуску насоса.

Для запуска насоса необходимо переключить режим в состояние «автоматический».

В автоматическом режиме контроллер разрешает или блокирует пуск насоса, отрабатывает аварийный останов. В случае необходимости оператор может отключить насос по месту установки.

В режиме проверки алгоритм управления пуска аналогичен алгоритму автоматического режима, за исключением того, что не контролируется давление на выкиде насоса.

Во всех режимах работает кнопка «Сброс» - сброс аварийных сигналов, инициализация алгоритма.

В таблице 12 представлена используемая информация сигналов контроллера, которая участвует в алгоритмах пуска и остановки насосных агрегатов.

DI – дискретный входной сигнал;

AI – аналоговый входной сигнал;

DO – дискретный выходной сигнал.

Таблица 12 – Используемая информация сигналов пуска и остановки

№	Тип	Наименование
1	DI	Состояние вкл
2	DI	Состояние выкл
3	DI	Аварийный останов по месту
4	DI	Электрозащита
5	DI	Включение кнопкой Пуск
6	DI	Выключение кнопкой Стоп
7	DI	T1 температура подшипника
8	DI	T2 температура подшипника
9	DI	T3 температура подшипника
10	DI	T4 температура подшипника
11	AI	Давление на входе
12	AI	Давление на выкиде
13	AI	Перепад давление на фильтре
14	AI	Ток электродвигателя
15	AI	Вибрация насоса
16	AI	Вибрация электродвигателя
17	DO	Старт
18	DO	Стоп
19	DO	Автоматика к пуску готова
10	DO	Сигнализация «НА в работе»
21	DO	Сигнализация «Авария НА»
22	DO	Сигнализация «НА готов к пуску»

2.7.1 Алгоритм пуска насосного агрегата

Анализируется готовность к пуску. Насос к пуску готов, если отсутствуют следующие сигналы, приведённые в таблице 13.

Таблица 13 – Параметры готовности к пуску

НН Температура подшипника 1 (DI)
НН Температура подшипника 2 (DI)
НН Температура подшипника 3 (DI)
НН Температура подшипника 4 (DI)
LL Давление на входе (AI)
НН Ток электродвигателя (AI)
НН Вибрация насоса (AI)
НН Вибрация электродвигателя (AI)
Электрозащита (DI)
Наличие управляющего напряжения (DI)
Задвижка не закрыта (DI)
Аварийный останов по месту (DI)
Наличие стопового напряжения (DI)

При наличии готовности к пуску насос может быть запущен и приведен в состояние «Включение»:

- по команде оператора с ПК;
- оператором по месту (кнопка).

Алгоритм пуска насосного агрегата, переход в состояние «Включение»:

- замыкается выход «Старт» (DO), размыкается выход «Готовность к пуску» (DO);
- запускается временная задержка на период длительности импульса пуска/останова;
- размыкается выход «Старт» (DO);
- запускается временная задержка на ожидание включения насоса;
- по окончанию времени ожидания, анализируется состояние насоса (DI);
- если насос включен, то устанавливается задержка на анализ сигнала «Давление на выкиде», контроллер дает команду на открытие задвижки и алгоритм переходит в состояние «Включен»;
- если насос выключен, то устанавливается сигнал «Отказ пуска» и алгоритм переходит в состояние «Авария».

Блок-схема данного алгоритма представлена в Приложении Г.

2.7.2 Алгоритм остановки насосного агрегата

Насос может быть остановлен и приведен в состояние «Останов»:

- по команде оператора с ПК;
- по сигналам автоматического управления;
- по сигналам аварийного останова;
- по нажатию кнопки «Стоп» по месту;
- по нажатию кнопки «Аварийный останов» по месту.

Аварийный останов выполняется при наличии любого из ниже перечисленных сигналов, приведённых в таблице 14.

Таблица 14 – Параметры аварийной остановки НА

LL Давление на входе (AI)
LL Давление на выкиде (AI)
HH Давление на выкиде (AI)
HH Температура подшипника 1 (DI)
HH Температура подшипника 2 (DI)
HH Температура подшипника 3 (DI)
HH Температура подшипника 4 (DI)
HH Ток электродвигателя (AI)
HH Вибрация насоса (AI)
HH Вибрация электродвигателя (AI)
Электрозащита (DI)
Отказы аналоговых датчиков

При этом устанавливается сигнал «Аварийный останов» и фиксируются дата, время, параметры остановки насосного агрегата.

Алгоритм остановки насосного агрегата, переход в состояние «Выключение»:

- замыкается выход «Стоп» (DO);
- запускается временная задержка на период длительности импульса пуска/останова;
- размыкается выход «Стоп» (DO);
- запускается временная задержка на ожидание выключения насоса;

- по окончании времени ожидания анализируется состояние насоса (DI);
- если насос выключен и нет сигнала «Аварийный останов», алгоритм дает команду на закрытие задвижки и переходит в состояние «Выключен», замыкается выход «Готовность к пуску» (DO);
- если насос выключен и есть сигнал «Аварийный останов», алгоритм дает команду на закрытие задвижки и переходит в состояние «Авария»;
- если насос включен, то устанавливается сигнал «Отказ останова» и алгоритм переходит в состояние «Авария».

Блок-схема данного алгоритма представлена в Приложении Г.

2.7.3 Алгоритм управления задвижками

Алгоритм является унифицированным для всех задвижек. Конфигурационные данные заполняются и подтверждаются для каждой задвижки индивидуально. Неподтвержденные сигналы исключаются из обработки на всех стадиях алгоритма.

Управление задвижкой осуществляется в местном, дистанционном и автоматическом режимах. Переключение режима в местное управление осуществляется оператором с кнопок поста управления задвижкой.

Местное управление – открытие и закрытие задвижки возможно только по месту установки оборудования или с кнопок поста управления задвижкой, команды управления с интерфейса оператора блокируются.

Дистанционное управление – задвижка управляется командами оператора с ПК или по месту с кнопок поста управления задвижкой.

Автоматическое управление – задвижкой управляет контроллер в соответствии с алгоритмами управления или оператор с кнопок поста управления задвижкой

Смена режимов автоматического и дистанционного управления выполняется по команде оператора с ПК.

Во всех режимах работает кнопка «Сброс» - сброс аварийных сигналов, инициализация алгоритма.

В таблице 15 представлена используемая информация сигналов контроллера, которая участвует в алгоритмах управления задвижками.

DI – дискретный входной сигнал;

AI – аналоговый входной сигнал;

DO – дискретный выходной сигнал.

Таблица 15 - Используемая информация сигналов управления задвижки

№	Тип	Наименование
1	DI	Открыта
2	DI	Закрыта
3	DI	Неисправность (авария)
4	DI	Ручное (местное) управление
5	DI	Сигнал с кнопки поста управления задвижки «Открыть»
6	DI	Сигнал с кнопки поста управления задвижки «Закрыть»
7	DI	Сигнал с кнопки поста управления задвижки «Стоп»
8	DO	Открыть
9	DO	Закрыть
10	DO	Стоп

Задвижка может быть открыта:

- по команде оператора с ПК;
- по месту с кнопок поста управления задвижкой;
- по сигналам автоматического открытия задвижки.

Открытие задвижки, переход в состояние «Открывается»:

- Замыкается выход «Открыть» (DO);
- Запускается временная задержка на период длительности импульса открыть/закрыть;
- Размыкается выход «Открыть» (DO);
- Запускается временная задержка на ожидание открытия задвижки;
- Если во время ожидания открытия задвижки появился сигнал «Стоп» (DI), то прерывается задержка ожидания открытия и алгоритм переходит в состояние «Стоп»;
- По окончании времени ожидания анализируется состояние концевика «Открыта» (DI);

- Если задвижка открыта, то алгоритм переходит в состояние «Открыта»;

- Если задвижка не открыта, то устанавливается сигнал «Отказ открытия» и алгоритм переходит в состояние «Авария».

Переход в состояние «Авария» происходит также по одновременному срабатыванию концевиков «Открыта» и «Закрыта» или по сигналу «Авария задвижки».

Задвижка может быть закрыта:

- по команде оператора с ПК;
- по месту с кнопок поста управления задвижкой;
- по сигналам автоматического закрытия задвижки.

Закрытие задвижки, переход в состояние «Закрывается»:

- Замыкается выход «Закрывать» (DO);
- Запускается временная задержка на период длительности импульса открыть/закрывать;

- Размыкается выход «Закрывать» (DO);
- Запускается временная задержка на ожидание закрытия задвижки;
- Если во время ожидания закрытия задвижки появился сигнал «Стоп» (DI), то прерывается задержка ожидания закрытия и алгоритм переходит в состояние «Стоп»;

- По окончании времени ожидания анализируется состояние концевика «Закрыта» (DI);

- Если задвижка закрыта, то алгоритм переходит в состояние «Закрыта».

- Если задвижка не закрыта, то устанавливается сигнал «Отказ закрытия» и алгоритм переходит в состояние «Авария».

Остановка задвижки, переход в состояние «Стоп»:

- Замыкается выход «Стоп» (DO);
- Запускается временная задержка на период длительности импульса открыть/закрывать;

- Размыкается выход «Стоп» (DO) и анализируется состояние концевиков;
- Если есть сигнал с концевика «Открыта» и нет сигнала с концевика «Закрыта», алгоритм переходит в состояние «Открыта»;
- Если есть сигнал с концевика «Закрыта» и нет сигнала с концевика «Открыта», алгоритм переходит в состояние «Закрыта»;
- Если есть сигнал с концевиков «Закрыта» и «Открыта» или сигнал «Авария задвижки», алгоритм переходит в состояние «Авария»;
- Если нет сигналов с концевиков «Закрыта» и «Открыта», алгоритм переходит в состояние «Неопределенное положение».

2.8 Разработка экранных форм

Автоматизированная система предназначена для контроля и управления технологическими процессами блочно-кустовой насосной станции, а также для обеспечения обслуживающего персонала оперативной и достоверной информацией о ходе технологического процесса.

Основными функциями системы являются:

- контроль состояния технологического оборудования КНС, оповещение и сигнализация в случае возникновения неисправностей и аварийных ситуаций;
- контроль и управление в автоматическом и ручном режиме технологическими процессами объектов автоматизации, входящих в систему;
- обнаружение признаков опасных условий эксплуатации, принятие мер по защите персонала КНС и оборудования;
- анализ отказов;
- оценка происходящих изменений и выдача, при необходимости, регулирующих и управляющих воздействий на технологическое оборудование.


Взаимодействие технологического персонала с АСУТП осуществляется через интерфейс оператора SCADA-системы. Оперативный персонал имеет доступ к управлению технологическим оборудованием при условии


регистрации с соответствующим уровнем доступа. Интерфейс оператора выполняет следующие функции:

- обмен информацией с контроллером;
- обработка информации;
- визуализация информации;
- регистрация и сигнализация аварийных событий;
- ведение диалога с пользователем системы;
- защита информации от несанкционированного доступа.

Интерфейс оператора позволяет осуществлять навигацию по графическим окнам, регистрацию пользователей, представление информации на мнемосхемах, мониторинг технологических параметров, строка состояния, аларминг, управление существующим технологическим оборудованием, работа с монтажными тестами и трендами.

Мнемосхема управления насосным агрегатом блочно-кустовой насосной станции представлена в приложении Д.

В левой верхней части мнемосхемы управления насосом изображены состояния кнопок «Пуск» и «Стоп». При поступлении сигнала с кнопки «Пуск» или «Стоп» соответствующее изображение принимает вид: .

Состояние дискретного сигнала «Срабатывание электрозащиты НА в РУ 6 кВ» при срабатывании подсвечивается красным цветом, соответствующее изображение принимает вид: .

Режим управления отображает текущий режим управления насосным агрегатом: «Местный», «Проверка» или «Автоматический». Активный режим, соответственно, выделяется желтым, синим, и зеленым цветом. Отображение режимов управления представлено на рисунке 11.

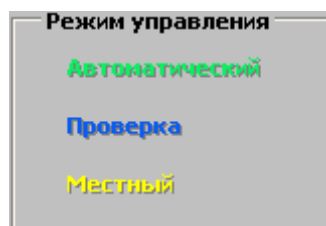


Рисунок 11 – Режим управления НА

Состояние – отображает текущее состояние насосного агрегата: «Включен», «Выключен», «Авария». Если НА включен, то соответствующая надпись подсвечивается зеленым цветом; если выключен – синим. Надписи «Авария» при срабатывании подсвечивается красным цветом.

Появление сигнала «Отказ останова» означает, что с момента поступления команды на остановку насоса прошло время ожидания останова, а насос не остановился. Появление сигнала «Отказ пуска» означает, что с момента поступления команды на пуск насоса прошло время ожидания запуска, а насос не запустился.

Аварийные сигналы – отображает аварийные сигналы НА. Активные сигналы выделяются красным цветом. Также в этой области «галочкой» подтверждены сигналы, при срабатывании которых будет выполняться аварийный останов насосного агрегата или блокироваться его запуск. Сигналы, которые сняты с подтверждения (не отмечены «галочкой»), не анализируются на аварийный останов и готовность к пуску насосного агрегата.

Параметры готовности к пуску – отображает параметры, которые анализируются при оценке готовности к пуску НА. Активные сигналы выделяются красным цветом.

Над параметрами загорается надпись, сигнализирующая о готовности или неготовности НА к пуску.

Причина останова насоса – окно, которое содержит информацию о последнем аварийном останове НА: дата, время, аварийные параметры (подсвечиваются красным цветом). Окно вызывается при нажатии кнопки «Причины аварийного останова» в левом нижнем углу экрана. Внешний вид окна представлен на рисунке 12.

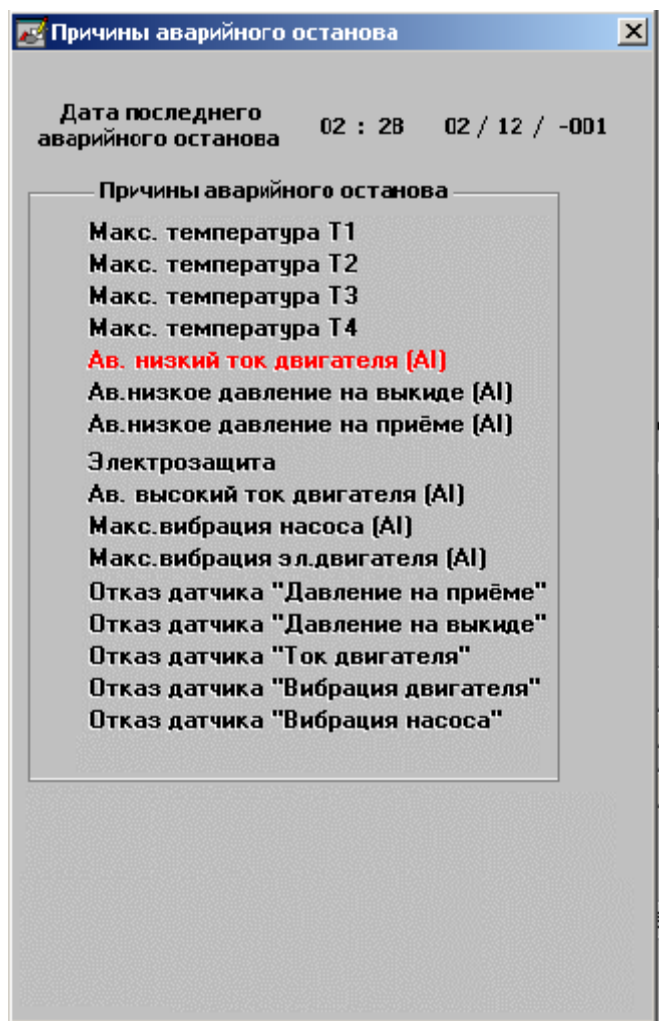


Рисунок 12 – Причины аварийной остановки НА

Управление задвижками осуществляется из окна управления задвижкой, представленного на рисунке 13. В окне управления присутствует следующая информация:

- режим управления задвижкой;
- положение задвижки;
- отказы при управлении задвижкой.

В окне управления предусмотрена возможность переключения режима управления оборудованием.

Управление положением задвижки осуществляется соответствующими кнопками - «Открыть», «Заккрыть», «Стоп» или с кнопок поста управления задвижкой.

Появление сигнала «Отказ закрытия» означает, что с момента поступления команды на закрытие задвижки (в дистанционном режиме) прошло заданное время ожидания, но задвижка не закрылась.

Появление сигнала «Отказ открытия» означает, что с момента поступления команды на открытие задвижки (в дистанционном режиме) прошло время ожидания открытия, но задвижка не открылась.

Появление сигнала «Вмешательство оператора» означает, что в дистанционном или автоматическом режиме задвижка была открыта/закрыта/остановлена по месту (без команды от контроллера).

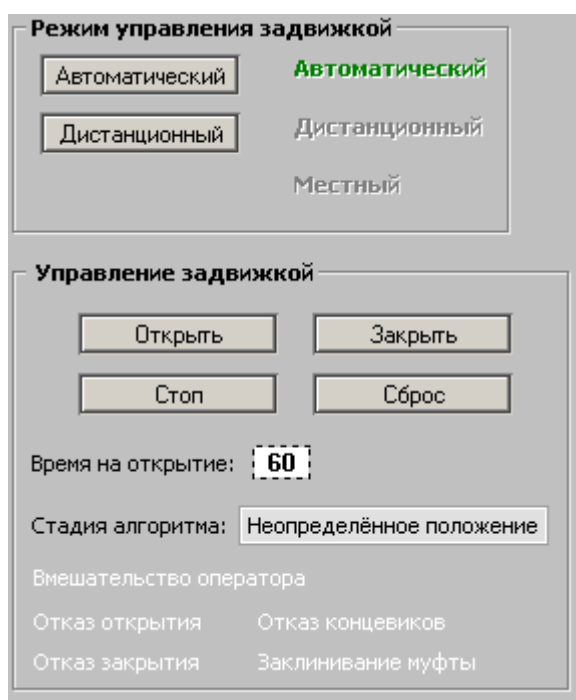


Рисунок 13 – Окно управления задвижкой

Для создания и тестирования SCADA-системы был использован программный пакет FactoryTalkViewSiteEdition фирмы RockwellAutomation.

FactoryTalkViewSiteEdition представляет собой интегрированный программный пакет для разработки и управления приложениями человеко-машинного интерфейса, обеспечивает все необходимые инструменты для создания мощных и надежных приложений по мониторингу и контролю.

Для работы с созданными приложениями на станциях операторов используется продукт FactoryTalkView SE Clients.

Интерфейс SCADA-системы выполнен с применением мнемосхем технологического процесса, является интуитивно понятным и не требует специального обучения для его освоения.

3 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Основной задачей данного раздела является комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы, также необходимо оценить полные денежные затраты на проект и получить хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения.

Цель работы – дать приближенную экономическую оценку результатов внедрения автоматизированной системы управления. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности нефтеперерабатывающие заводы, предприятия, имеющие БКНС для транспортировки нефти и газа. Научное исследование рассчитано на крупные предприятия, имеющие БКНС. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система контроля и управления добычей и транспортировкой нефти, а также автоматическая система регулирования определенными параметрами технологического процесса.

В ВКР рассматривается автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции. В данном разделе дается характеристика и сравнительная оценка разрабатываемой системы управления. Также произведена оценка ресурсоэффективности данной разработки.

3.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QQualityADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Для упрощения процедуры проведения QuaD проведем в табличной форме (таблица 16).

Таблица 16 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности	0,12	80	100	0,8	9,6
Удобство в эксплуатации	0,1	75	100	0,75	7,5
Помехоустойчивость	0,05	40	100	0,4	2
Энергоэкономичность	0,09	30	100	0,3	2,7
Надежность	0,15	95	100	0,95	14,25
Уровень шума	0,05	40	100	0,4	2
Безопасность	0,11	95	100	0,95	10,45
Потребность в ресурсах памяти	0,03	50	100	0,5	1,5
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	30	100	0,3	3
Простота эксплуатации	0,05	75	100	0,75	3,75
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	80	100	0,8	4
Ремонтопригодность	0,1	85	100	0,85	8,5
Итого	1				69,25

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять единицу.

Средневзвешенное значение позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Средневзвешенное значение получилось равным 69,25, что говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

3.2 SWOT-анализ

Следующим этапом является комплексный анализ внешней и внутренней среды проекта с помощью технологии SWOT, который проводится в несколько шагов.

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

Слабая сторона – это недостаток, упущение или ограниченность проекта, который препятствуют достижению его целей.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 17.

Таблица 17 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Современные датчики и исполнительные механизмы. С2. Передача информации на большие расстояния С3. Универсальность. С4. Возможность модификации. С5. Использование беспроводных технологий	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие опытно-наладочных работ. Сл2. Отсутствие у персонала опыта работы с новой технологией. Сл3. Сложность конструкции.
--	--	--

Продолжение таблицы 17

Возможности: В1. Модернизация производств нефтяной отрасли. В2. Повышение стоимости конкурентных разработок. В3. Роль автоматизации технологических систем в промышленности растёт.	В1С4. Позволит компании производить непрерывную модификацию производства без замены АСУ БКНС на новую. В2С1. Позволит создать одни из лучших технических и временных показателей системы. В3С4С5. Увеличение функциональных возможностей и улучшение технических характеристик АСУ.	В1Сл1. Проведение испытаний и тестов на предприятии, которое заинтересовано в инновациях. В3Сл3. Расширение штата АСУ ТП на производстве. В3Сл2. Стимулирование студентов на трудоустройство в компании.
Угрозы: У1. Ограничение импорта продукции (датчики, контроллеры). У2. Повышение цен на оборудование. У3. Противодействие со стороны конкурентов. У4: Появление более качественных аналогов.	У1С3. Использовать продукцию отечественного производителя. У2У3С4. Модификация производства У4С1С3С5. Продвигать продукцию с акцентированием на её достоинствах.	У4Сл1. Провести опытно-наладочные работы и продемонстрировать успешность их функционирования. У2Сл3. Замена оборудования на аналогичные.

SWOT-анализ показывает, что на проект могут оказывать влияние ряд факторов. Также, таблица показывает способы предотвращения или решения возникших трудностей с проектированием системы. Исходя из анализа, дальнейшая работа будет направлена на создание сильных сторон и использование существующих возможностей в процессе проектирования.

3.3 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Для реализации проекта необходимы три исполнителя – руководитель (Р), консультант (К), студент-дипломник (СД).

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей, задач и определение исходных данных исследования	1	Выбор темы ВКР	СД
	2	Разработка и утверждение технического задания	Р, К, СД
	3	Поиск литературы по теме	Р, К, СД
	4	Разработка календарного плана выполнения работ	К, СД
Разработка АСУ	5	Описание технологического процесса	С
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	Р, С
	7	Определение вход/выходных сигналов	С
	8	Выбор ИУ и контроллерного оборудования	С
	9	Разработка схемы соединения внешних проводов	С
	10	Разработка экранных форм	С
	11	Разработка алгоритмов управления	С, К
	12	Разработка алгоритма пуска и остановки насосной станции	С, К, Р
	13	Написание раздела «социальной ответственности»	С

Продолжение таблицы 18

	14	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С
	15	Проверка работы руководителем и консультантом	Р, К, С
Оформление отчета	16	Составление пояснительной записки	С
	17	Подготовка презентации дипломного проекта	С

Как можно заметить из таблицы, большинство работы было проделано самостоятельно, но на некоторых этапах требовалась помощь консультанта и руководителя.

3.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

Где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

3.5 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта является наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Значение коэффициента календарности для 2021 года:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48, \quad (5)$$

Все значения, полученные при расчетах по вышеприведенным формулам, были сведены в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет трудозатрат на выполнение работ

Наименование работы	Трудоемкость работ									Длитель ность работ в рабочих днях T_{pi}	Длитель ность работ в календа рных днях T_{ki}
	$t_{min},$ чел-дни			$t_{max},$ чел-дни			$t_{ожц},$ чел-дни				
	Студент	Консультант	Руководитель	Студент	Консультант	Руководитель	Студент	Консультант	Руководитель	Совместное выполнение работ	Совместное выполнение работ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Выбор темы ВКР	2	0	0	3	0	0	2,4	0	0	2,4	3,5
Разработка и утверждение технического задания	5	5	4	10	7	5	7	5,8	4,4	2,3	3,4
Поиск литературы по теме	6	5	5	10	9	9	7,6	6,6	6,6	2,5	3,7
Разработка календарного плана выполнения работ	2	1	0	3	2	0	2,4	1,4	0	1,2	1,77
Описание технологического процесса	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,2

Продолжение таблицы 19

Разработка функциональной схемы автоматизации	6	0	2	10	0	3	7,6	0	2,4	3,8	5,63
Определение вход/выходных сигналов	2	0	0	5	0	0	3,2	0	0	3,2	4,74
Выбор ИУ и контроллерного оборудования	3	0	0	7	0	0	4,6	0	0	4,6	6,8
Разработка схемы соединения внешних проводок	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,15
Разработка экранных форм	4	0	0	7	0	0	5,2	0	0	5,2	7,7
Разработка алгоритмов управления	4	2	0	7	3	0	5,2	2,4	0	2,6	3,85
Разработка алгоритма пуска и остановки насосной станции	5	3	1	8	4	1	6,2	3,4	1	2,1	3,1
Написание раздела «социальной ответственности»	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,15
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,15
Проверка работы руководителем и консультантом	1	2	4	3	3	5	1,8	2,4	4,4	1,5	2,22
Составление пояснительной записки	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,15
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,15
Итого:							70	22	18,8	48,2	71,36

На основе таблицы 19 строится календарный план-график, представленный на рисунке 14.

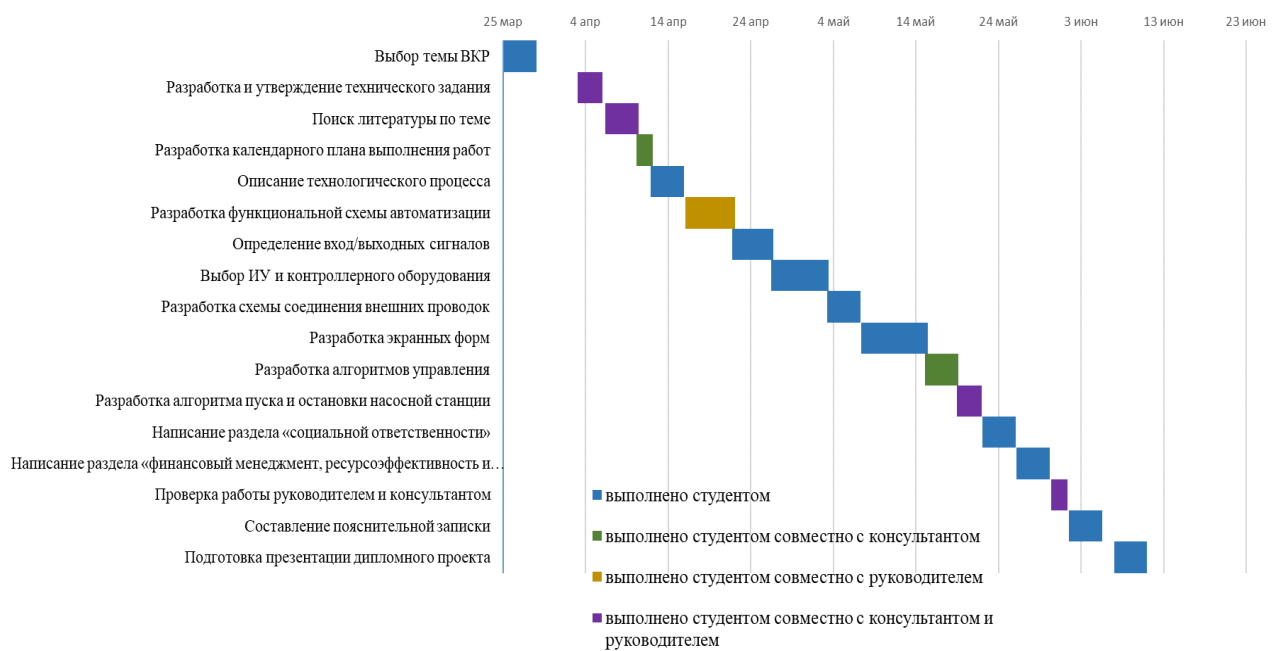


Рисунок 14 – Календарный план-график

3.6 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты представляют собой совокупность материальных ценностей, расходуемых в процессе выполнения работ.

В данном подразделе оценивается стоимость всего технического обеспечения, используемого в процессе разработки.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} , \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 20.

Таблица 20 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Уровнемер «ПМП-062»	шт.	2	15000	30000
Датчик давления «Метран-150TG»	шт.	4	30000	180000
Датчик расхода «Взлет ППД»	шт.	1	28000	28000
Датчик температуры «Метран ТСМУ-205Ex»	шт.	6	7000	42000
Датчик перепада давления «Метран–150CD»	шт.	3	35000	105000
Масленный насос НМШ8-25-6,3/10	шт.	4	39700	158800
Итого:				543800

Допустим, что коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы составляет 20 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом коэффициента равны:

$$З_{\text{м}} = 1,2 * 543800 = 652560 \text{ руб.}$$

3.6.1 Расчет амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы занимает по плану три месяца.

Для моделирования, разработки и проведения расчётов используется оборудование, которое перечислено в таблице 21. В данной таблице указана первоначальная стоимость оборудования, которая используется для вычисления амортизационных отчислений.

Норма амортизации рассчитывается по следующей формуле:

$$N = \frac{1}{\text{СПИ}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где СПИ – срок полезного использования объекта в годах.

Таблица 21 – Стоимость оборудования

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итоговая стоимость оборудования, руб.
Ноутбук	шт.	1	45000	45000
Контроллер «Allen-BradleyMicroLogix1500»	шт.	1	210000	210000
Насос ЦНС240-1150	шт.	1	201000	201000
Электродвигатель СТДМ-1250	шт.	1	120300	120300
Задвижка с электроприводом AUMA SA07.2/RWG	шт.	1	162000	162000
Итого:				738300

Примем срок полезного использования для ноутбука равным 3 года, тогда норма амортизации равна:

$$N = \frac{1}{3} \cdot 100 \% = 33,3 \%, \quad (8)$$

Годовые амортизационные отчисления для ноутбука:

$$N_{\text{год}} = 45000 \cdot 33,3 \% = 14950 \text{ руб.}, \quad (9)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления для ноутбука:

$$N_{\text{мес}} = \frac{14950}{12} = 1248,75 \text{ руб.}, \quad (10)$$

Примем срок полезного использования для Контроллера «Allen-BradleyMicroLogix1500 равным 10 лет, тогда норма амортизации равна:

$$N = \frac{1}{10} \cdot 100 \% = 10 \%, \quad (11)$$

Годовые амортизационные отчисления для Контроллер «Allen-BradleyMicroLogix1500:

$$N_{\text{год}} = 210000 \cdot 10 \% = 21000 \text{ руб.}, \quad (12)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления для Контроллер «Allen-BradleyMicroLogix1500:

$$N_{\text{мес}} = \frac{21000}{12} = 1750 \text{ руб.}, \quad (13)$$

Примем срок полезного использования для насоса ЦНС240-1150 равным 5 лет, тогда норма амортизации равна:

$$N = \frac{1}{5} \cdot 100 \% = 20 \%, \quad (14)$$

Годовые амортизационные отчисления для насоса ЦНС240-11500:

$$N_{\text{год}} = 201000 \cdot 20 \% = 40200 \text{ руб.}, \quad (15)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления для насоса ЦНС240-1150:

$$N_{\text{мес}} = \frac{40200}{12} = 3350 \text{ руб.}, \quad (16)$$

Примем срок полезного использования для электродвигателя СТДМ-1250 равным 7 лет, тогда норма амортизации равна:

$$N = \frac{1}{7} \cdot 100 \% = 14,2 \%, \quad (17)$$

Годовые амортизационные отчисления для электродвигателя СТДМ-1250:

$$N_{\text{год}} = 120300 \cdot 14,2 \% = 17082,6 \text{ руб.}, \quad (18)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления для электродвигателя СТДМ-1250:

$$N_{\text{мес}} = \frac{17082,6}{12} = 1423,55 \text{ руб.}, \quad (19)$$

Примем срок полезного использования для задвижки с электроприводом AUMA SA07.2/RWG равным 8 лет, тогда норма амортизации равна:

$$N = \frac{1}{8} \cdot 100 \% = 12,5 \%, \quad (20)$$

Годовые амортизационные отчисления для задвижки с электроприводом AUMA SA07.2/RWG:

$$N_{\text{год}} = 162000 \cdot 12,5 \% = 20250 \text{ руб.}, \quad (21)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления для задвижки с электроприводом AUMA SA07.2/RWG:

$$N_{\text{мес}} = \frac{20250}{12} = 1687,5 \text{ руб.}, \quad (22)$$

Так как написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 3 месяца, то итоговая сумма амортизационных отчислений равна:

$$N_{\text{мес}} = (1750 + 1245,75 + 3350 + 1423,55 + 1687,5) \cdot 3 = 28370,4 \text{ руб.}, \quad (23)$$

3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данной работе учитывается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (24)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата руководителя и инженера от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (25)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 4);

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (26)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{окл}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (27)$$

где $З_{\text{окл}}$ – оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Консультант	Инженер
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	71	71	118
Потери рабочего времени на отпуск – отпуск – невыходы по болезни	48	48	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	246	223

Руководитель имеет должность доцента и степень кандидата технических наук. Его оклад на весну 2019 год составлял 33664 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3 % и составил 35111,5 руб.

Оклад инженера и консультанта на весну 2019 года составил 21760 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3 % и составил 22695,68 руб.

Расчёт основной заработной платы представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_{\text{т}}$	$З_{\text{окл}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	—	—	35111,5	1,3	45644,95	1929,71	5	9648,55
Консультант	—	—	22695,68		29504,5	1247,35	22	27441,70
Инженер	—	—	22695,68		29504,5	1481,84	48	71128,32
Итого $З_{\text{осн}}$								108218,57

По результату расчёта основной заработной платы у инженера получилась самая высокая основная заработная плата – это связано с числом рабочих дней, затраченных на разработку проекта.

3.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за

отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.). Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (28)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$З_{\text{осн}}$	$З_{\text{доп}}$
Руководитель	0,12	9648,55	1157,83
Консультант		27441,70	3293,00
Инженер		71128,32	8535,40
Итого			12986,23

Так как расчет дополнительной заработной платы представляет собой перемножение основной заработной платы на коэффициент, то результат получился аналогичным с тем, что получился при расчете основной заработной платы.

3.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (29)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 30 %.

Таблица 25 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Консультант	Инженер
Основная заработная плата, руб.	9648,55	27441,70	71128,32
Дополнительная заработная плата, руб.	1157,83	3293,00	8535,40
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3		
Сумма отчислений	3241,91	9220,41	23899,12
Итого, руб	36361,44		

3.6.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} \quad (30)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,15.

$$З_{\text{накл}} = (652560 + 28370,4 + 108218,57 + 12986,23 + 36361,44) \cdot 0,15 = 125774,42$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	652560
2. Затраты на амортизацию оборудования.	28370,4
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	108218,57
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12986,23
5. Отчисления во внебюджетные фонды	36361,44
6. Накладные расходы	125774,42
7. Бюджет затрат НТИ	955271,06

В ходе формирования бюджета затрат на научно-техническое исследование вышло, что затраты составляют примерно 955271,06 руб.

Данный результат не является точным, так как в ходе расчетов не учитывались затраты, которые понесли руководитель и консультант проекта.

3.7 Определение ресурсоэффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (31)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Исполнение один соответствует разработанной системе. Исполнение два принимаем за существующий вариант разработки.

За неимением информации о стоимости существующей системы принимаем значение интегрального финансового показателя равным единице для обоих вариантов исполнения.

3.7.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта определим следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (32)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 27).

Таблица 27 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда системы	0,15	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,1	4	4
3. Помехоустойчивость	0,1	3	3
4. Энергосбережение	0,09	4	5
5. Надежность	0,18	4	3
6. Безопасность	0,18	4	4
7. Срок эксплуатации	0,2	5	4
ИТОГО	1		

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1-исп.1} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,09 + 4 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,2 \\ = 4,25$$

$$I_{p2-исп.2} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,2 \\ = 3,81$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр}}, \quad (33)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблицу 28) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (34)$$

Таблица 28 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	4,25	3,81
3	Интегральный показатель эффективности	4,25	3,81
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,115	1

Путем сравнения вариантов исполнения приходим к выводу, что разработанная система является более эффективным решением задачи с позиции ресурсной эффективности.

3.8 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В данном разделе оценены экономические аспекты разработки исследуемой автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станцией:

В ходе проведения SWOT-анализа выявлены возможности и угрозы для развития автоматизированной системы управления в будущем. Также были найдены возможные пути снижения влияния угроз.

При планировании научно-исследовательских работ была определена структура работ в рамках научного исследования, по результату которого можно сделать вывод, что большинство работы проделано самостоятельно, но на некоторых этапах требовалась помощь консультанта и руководителя. Также был разработан график проведения научного исследования в виде диаграммы Ганта. Из диаграммы видно, что практическая часть всего исследования занимает 2,3 календарных месяца. Выбор темы ВКР и поиск материала не заняло много времени так как тема ВКР была определена заранее. На

оформление дополнительных разделов ВКР и подготовка к защите занимает приблизительно 1 календарный месяц.

В процессе расчета бюджета НТИ было выявлено, что затраты на заработную плату студента превосходят затраты на заработную плату консультанта и руководителя, это связано с количеством рабочих дней. Также бюджет, требуемый на проведение НТИ составил 955271,06 руб. Данный результат не является точным, т.к. в ходе расчетов не учитывались затраты, которые понесли руководитель и консультант проекта.

4 Социальная ответственность

В ВКР рассматривается автоматизированная система управления блочно-кустовой насосной станции. Автоматизация технологического процесса позволяет осуществлять контроль за процессом без непосредственного участия обслуживающего персонала вблизи установки.

В данном разделе выпускной квалификационной работы рассматриваются вопросы выявления и анализа вредных и опасных факторов труда, оценки условий труда и разработки мер защиты от них для рабочего места оператора, минимизация негативных последствий деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

Объектом исследования будет выступать рабочее место сотрудника отдела автоматизации технологических процессов, использующего в работе персональный компьютер.

В данной работе рассматривается блочно-кустовая насосная станция, предназначенная для закачки воды в продуктивные пласты в системе поддержания пластового давления нефтяных месторождений. Ролью обслуживающего персонала становится наблюдение за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В процессе осуществления трудовой деятельности на оператора могут оказывать воздействие производственные факторы, такие как: шум, влажность воздуха, температура воздуха, электромагнитное излучение, недостаточная освещенность. Для сохранения здоровья работника предусмотрен ряд мер, обеспечивающих безопасность трудовой деятельности.

Главным документов, регулирующим отношения между работником и работодателем, является Трудовой кодекс Российской Федерации. В нём изложены основные нормы и правила, которые обязаны соблюдать рабочий и

работодатель в случае возникновения трудовых отношений. В связи с непрерывным технологическим процессом, протекающим на кустовой насосной станции, использование стандартной пяти- или шестидневной рабочей недели не представляется возможным. Наиболее подходящим является сменный режим рабочего времени. Сменный режим работ обеспечивает непрерывный режим обслуживания работы кустовой насосной станции. При сменной работе каждая группа работников должна производить работу в течение установленной продолжительности рабочего времени в соответствии с графиком сменности [19].

Обслуживание данной автоматизированной системы управления подразумевает работу с персональным компьютером. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 [20].

Рабочие места с персональными компьютерами по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева. Стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики. Используются рабочие столы с регулируемой и нерегулируемой высотой рабочей поверхности. При отсутствии регулировки высота стола должна быть в пределах 680 – 800 мм [20].

Глубина рабочей поверхности стола должна составлять 800 мм (допускаемая не менее 600 мм), ширина – соответственно 1600 мм и 1200 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм [20].

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм [20].

Конструкция стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 – 550 мм и углом наклона вперед до 15 ° и назад до 5 °;

- высоту опорной поверхности спинки (300 ± 20) мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости 400 мм [20].

4.2 Производственная безопасность

Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в значительной мере зависит от правильной оценки опасных и вредных производственных факторов. Опасные производственные факторы - факторы, воздействие которых на работающего в определенных условиях приводят к травме или другим профессиональным заболеваниям. Вредным производственным фактором называется такой фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные факторы. Классификация» [21]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 29.

Таблица 29 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышенный уровень шума		+	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95; СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки; ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;
Повышенный уровень вибрации		+	+	
Недостаточное освещение рабочего места	+	+	+	
Повышенный уровень электромагнитного излучения		+	+	
Отклонение показателей микроклимата		+	+	
Электробезопасность		+	+	

4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

4.2.1.1 Повышенный уровень шума

Во время работы оператор автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции может быть подвергнут одному из важных факторов, оказывающих влияние на качество выполняемой работы, -шуму. Источниками шума являются: осветительные приборы, кондиционер, вентиляция и звуки, доносящиеся с улицы. Шум воздействует на органы слуха и на весь организм человека через центральную нервную систему, ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе.

Предельные уровни звукового давления и предельные уровни звука согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 приведены в таблице 30 [22].

Таблица 30 – Предельные уровни звукового давления и уровни звука

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

В качестве средств коллективной защиты можно применять: звукопоглощающие материалы, звукоизоляцию, акустические экраны.

В качестве средств индивидуальной защиты работник может использовать специальные противошумные наушники. Одним из самых простых и действенных способов облегчения работы, является отдых, поэтому целесообразно устраивать кратковременные перерывы в течении рабочего дня при отсутствующих источниках шума.

4.2.1.2 Повышенный уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [23].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота f , Гц;
- амплитуда колебаний d , мм.

Таблица 31 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

Основными источниками вибрации в машинном зале являются работающие задвижки, электроприводы, насосные агрегаты.

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;
- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы. Средства индивидуальной защиты не требуются, так как вибрация не значительная.

4.2.1.3 Недостаточное освещение рабочего места

Среди технических требований к рабочему месту оператора особенно важным является требование к освещенности, которая значительно влияет на эффективность трудового процесса.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет выполнение работы, вызывает утомление, увеличивает риск производственного травматизма.

Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме, ослаблением его реактивности, способствует развитию близорукости. Согласно действующим Санитарным правилам [24], искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Прямую блескость от источников освещения следует ограничить. Яркость светящихся поверхностей (окна, светильники), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Естественное освещение обеспечивается через оконные проемы с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2 % в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5 % на остальной территории. Световой поток из оконного проема должен падать на рабочее место оператора с левой стороны. Коэффициент пульсации не должен превышать 5 %.

Таблица 32 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г - горизонтальная, В - вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение			
		КЕО ен, %		КЕО ен, %		освещенность, лк			
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении	показатель дискомфорта М, не более
						все го	от общего		коэффициент пульсации освещенности, Кп, % не более

Продолжение таблицы 32

Помещение для работы с дисплеями и видео терминалами, залы ЭВМ	Г-0,8 Экран монитора: В-1,2	3,5 —	1,2 —	2,1 —	0,7 —	500 —	300 —	400 200	15 —	10 —
--	-----------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	------------	---------	---------

Для снижения влияния недостаточной освещённости на рабочем месте сотрудника отдела автоматизации технологических процессов применяются коллективные средства в виде дополнительных источников искусственного света.

4.2.1.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимых характер.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае является дисплей компьютера. Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Малые дозы облучения могут привести к раковым заболеваниям, нарушениям нервной, эндокринной и сердечно-сосудистых систем, которые являются обратимыми, если прекратить воздействия. Обратимость функциональных сдвигов не является беспредельной и определяется интенсивностью, длительностью излучения и индивидуальными особенностями организма.

Рассмотрим нормы напряженностей магнитного и электрического полей согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 (таблица 33) [25].

Таблица 33 – Предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля 50 Гц, на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м [25].

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранении здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60 – 70 см.

4.2.1.5 Отклонение показателей микроклимата

Основными характеристиками микроклимата являются влажность, температура и скорость движения воздуха. Продолжительное влияние неблагоприятных условий на человека могут привести к ухудшению самочувствия сотрудника, что снизит производительность его труда.

По степени физической тяжести работа оператора автоматизированной системы управления относится к категории легких работ, а основная нагрузка на организм приходится на зрительные органы и позвоночник человека. Ввиду того, что основным видом работы оператора автоматизированной системы управления кустовой насосной станции является работа с прикладным программным обеспечением и технической документацией, потенциальными источниками опасных и вредных факторов являются персональные

компьютеры и мониторы. Для минимизации воздействия этих факторов на человека в помещении должны быть предусмотрены оптимальные параметры микроклимата, которые установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата согласно требованиям [26] и приведены в таблице 34, а допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений приведены в таблице 35.

Таблица 34 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха, 0С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а	23-25	40-60	0,1
Теплый	Категория 1а	20-22	40-60	0,1

Таблица 35 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха, 0С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более
Холодный	Категория 1а	20-21,9	24,1-25	15-75	0,1	0,1
Теплый	Категория 1а	21-22,9	25,1-28	15-75	0,1	0,2

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [27] и приведен в таблице 36.

Таблица 36 – Расход свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
20...40 м ³ на человека	Не менее 20
Более 40 м ³ на человека	Естественная вентиляция

Для поддержания параметров микроклимата в диапазоне оптимальных на рабочем месте применяются следующие мероприятия: устройство систем вентиляции, кондиционирование воздуха и отопление помещения.

4.2.1.6 Электробезопасность

Требования электробезопасности данного объекта направлены на создание условий эксплуатации оборудования, при которых исключаются образование электрической цепи через тело человека. Под действием тока сокращаются мышцы тела. Если человек взялся за находящуюся под постоянным напряжением часть оборудования, он, возможно, не сможет оторваться от нее без посторонней помощи.

Более того, его, возможно, будет притягивать к опасному месту. Под действием переменного тока мышцы периодически сокращаются с частотой тока. Больше всего от действия электрического тока страдает центральная нервная система. Ее повреждение ведет к нарушению дыхания и сердечной деятельности. Смерть обычно наступает вследствие остановки сердца, или прекращения дыхания, или того и другого вместе.

Объекты энергосбережения должны обслуживаться энерготехническим персоналом, имеющим соответствующую группу допуска. Напряжение на электрооборудование должно подаваться и сниматься дежурным электроперсоналом по указанию ответственного за эксплуатацию этого оборудования или старшего по смене. При возгорании электрооборудования, напряжение с него должно быть снято.

Важным фактором безопасности является заземление оборудования путем присоединения к контуру заземления [28]. Заземляющее устройство

является одним из средств защиты персонала в помещении от возникновения искры, от напряжения, возникающего на металлических частях оборудования, не находящихся под напряжением, но могущих оказаться под ним в результате повреждения изоляции.

В качестве организационных мероприятий оператору во время работы запрещается [28]:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- производить отключение питания во время выполнения активной задачи;
- снимать защитный фильтр с экрана монитора;
- допускать попадание влаги на поверхности устройств;
- производить самостоятельно вскрытие и ремонт оборудования.

4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего

Для защиты от опасных и вредных производственных факторов оператору бесплатно выдают сертифицированные СИЗ согласно установленных норм, в зависимости от времени года и условий труда, а также смывающие и обезвреживающие средства.

Оператор несет ответственность за бережное отношение, правильное использование и применение СИЗ.

Оператор при работе с оборудованием (за исключением щитов управления) на территории блочно-кустовой насосной станции должен пользоваться защитными касками.

Территория, рабочее место, эксплуатируемое оборудование и механизмы должны содержаться в чистоте и работоспособном состоянии.

На территории БКНС ходить допустимо только по тротуарам, аллеям и пешеходным дорожкам.

Персоналу следует иметь наряд-допуск при ведении работ с применением грузоподъемных механизмов, газоопасных, огневых и других работ повышенной опасности.

Во время работы оператор должен:

- выполнять только ту работу, которая поручена и при условии, что безопасные способы ее выполнения хорошо известны;
- проверять исправность ограждений, предохранительных приспособлений, блокировочных и сигнализирующих устройств;
- использовать в процессе работы безопасные приемы труда, соблюдать последовательность выполнения операций, предусмотренных нарядом-допуском (разрешением), инструкциями по эксплуатации и ремонту оборудования.

4.3 Экологическая безопасность

В процессе эксплуатации блочно-кустовой насосной станции возможны утечки загрязняющих веществ. Основные выбросы газов происходят в местах соединений трубопроводов, задвижек. Также при сжигании газа на факеле. При эксплуатации используется пластовая вода. Также закачка воды в скважину.

Воздействие на атмосферу. При нормальной работе технологического оборудования возможны постоянные небольшие утечки загрязняющих веществ в атмосферу. Выброс вредных веществ происходит:

- на открытых технологических площадках через запорно-регулирующую арматуру;
- от оборудования, расположенного в блоках, через воздухопроводы и дефлекторы;
- при сжигании газа на факелах через трубы;
- при заполнении емкостей через воздушников и свечи рассеивания;
- при заполнении резервуаров через дыхательные клапаны.

Для охраны окружающей среды проводятся мероприятия, например, обеспечение максимальной герметизации производственного процесса;

сокращение прямого водоснабжения за счет использования аппаратов воздушного охлаждения для продуктов стабилизации нефти.

Воздействие на гидросферу. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

Воздействие на литосферу. В процессе эксплуатации возможно нефтяное загрязнение окружающей среды вследствие несовершенства технологии, аварийных разливов и несоблюдение природоохранных требований. При возникновении аварийных разливов, проводят рекультивацию нарушенных земель.

Осадки, после зачистки резервуаров и грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации – это обстоятельства, возникающие в результате аварий, катастроф, стихийных бедствий, диверсий или иных факторов, при которых наблюдается резкое отклонение протекающих явлений и процессов от нормальных, что оказывает отрицательное воздействие на жизнеобеспечение, экономику, социальную сферу и природную среду.

На случай возникновения чрезвычайной ситуации (землетрясение, наводнение, пожары, химическое либо радиоактивное заражение и т.п.) должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в защитных сооружениях;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;
- организация медицинской помощи пострадавшим.

Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация – это пожар.

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Понятие пожарной безопасности означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Помещения в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д в соответствии НПБ от 18.06.2003г. №105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Помещение и здание операторной относится к категории «Д» по степени пожарной опасности, так как в нем отсутствует обработка пожароопасных веществ, отсутствуют источники открытого огня. А стены здания и перекрытия выполнены из трудно сгораемых и негорючих материалов (кирпич, железобетон, и др.). При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением ПЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования. Система вентиляции может стать источником распространения возгорания. В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- короткие замыкания;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции.

Для предотвращения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации. Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана. Организационные мероприятия предусматривают [29]:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В помещении оператора имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, на входной двери приведен план эвакуации в случае пожара, и на досягаемом расстоянии находится пожарный щит. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ - 2 или порошковые типа ОП -5;
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

К режимным мероприятиям относятся установление правил организации работ и соблюдение противопожарных мер.

4.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В данном разделе выпускной квалификационной работы были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, оказывающие влияние на здоровье человека, а также нормативные документы, регулирующие их воздействие на человека.

Были описаны обоснованные мероприятия по снижению уровня воздействия этих факторов, влияние технологического процесса на экологическую безопасность. Также было выяснено, что возможными чрезвычайными ситуациями на объекте являются возникновение пожара и взрыв, поэтому предусмотрен ряд мероприятий для предотвращения возникновения указанных ЧС.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система автоматизированного управления блочно-кустовой насосной станцией.

В ходе выполнения работы были разработаны схемы, такие как структурная схема, функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208-2013, схема внешних проводок. Разработанные схемы автоматизации позволили определить количество и состав оборудования, необходимого для реализации данной насосной станции, а также средства и методы передачи информации.

Для автоматизации блочно-кустовой насосной станции был выбран контроллер, приборы КИПиА и исполнительные устройства.

Были разработаны алгоритмы управления, экранные формы SCADA-системы для управления насосном агрегатом БКНС.

Разработанная система автоматизированного управления блочно-кустовой насосной станции выполнена в соответствии с требованиями Росстандарта и с требованиями технического задания.

Список используемых источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2015.
2. Стандарт компании. Автоматизированные системы управления Технологическими процессами нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам. – М.: Роснефть, 2014
3. Акматбеков Р. А., Конокбаева А. К., Информационное обеспечение распределенной системы автоматизации: учебно-методическое пособие: Институт автоматики и информационных технологий. – Бишкек, 2014.
4. Чупин А.В., Автоматизация технологических процессов и производств: учебно-методическое пособие: Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2013.
5. ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3190> - дата обращения 01.06.2021.
6. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/56652> – дата обращения 01.06.2021.
7. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/56653> – дата обращения 01.06.2021.
8. Allen-Bradley MicroLogix1500 [Электронный ресурс] – URL: <https://www.rockwellautomation.com/ru-ru/products/hardware/allen-bradley/discontinued-products/micrologix-1500-controllers.html> – дата обращения 02.06.2021.

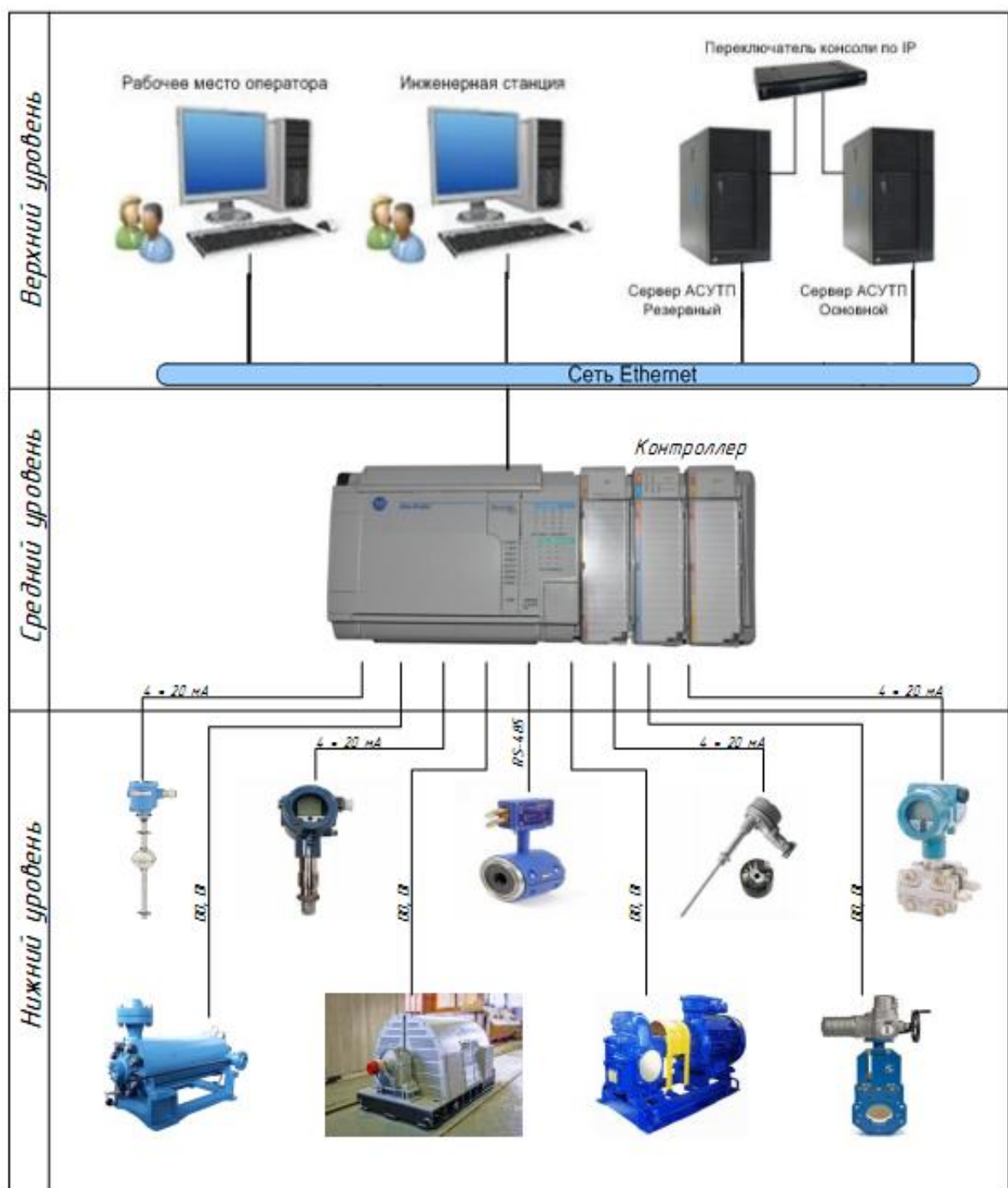
9. ПМП-062 [Электронный ресурс] – URL: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/pmp-062-pmp-063-pmp-076> – дата обращения 02.06.2021.
10. Метран-150TG [Электронный ресурс] – URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-150-ru-ru> – дата обращения 02.06.2021.
11. Взлет ППД [Электронный ресурс] – URL: https://vzljot.ru/catalogue/elektromagnitnyj_metod/vzlet_ppd – дата обращения 02.06.2021.
12. Метран ТСМУ-205Ех [Электронный ресурс] – URL: <https://www.elemer.ru/catalog/datchiki-temperatury/termopreobrazovateli-s-unifitsirovannym-vykhodnym-signalom/tpu-205-tkhkhu-205> – дата обращения 02.06.2021.
13. ЦНС 240-1150 [Электронный ресурс] – URL: https://www.hms-livgidromash.ru/catalog/nasosy/cns/tsns_240_1150_model_35906.html – дата обращения 04.06.2021.
14. СТДМ-1250 [Электронный ресурс] – URL: <http://s-zm.ru/elektrodvigateli-std-stdp-stdm> – дата обращения 04.06.2021.
15. НМШ 8-25 [Электронный ресурс] – URL: https://www.hms-livgidromash.ru/catalog/nasosy/sh-nmsh-nmshf-nmshg-neft/nmsh_8_25_6_3_2_5_model_21444.html – дата обращения 04.06.2021.
16. Шибберная задвижка [Электронный ресурс] – URL: <https://ngs-penza.ru/about/poleznaya-informatsiya/shibbernye-zadvizhki-konstruktsiya-osobennosti-primenenie> – дата обращения 04.06.2021.
17. AUMA SA 07.2 / RWG [Электронный ресурс] – URL: <https://www.auma.com/ru/produkcija/mnogooborotnye-privody/ehlektroprivody-sa-i-sar> – дата обращения 04.06.2021.
18. Кабель КВВГЭнг [Электронный ресурс] – URL: https://cable.ru/cable/group-kvvvgeng_a_ls_description.php – дата обращения 06.06.2021.

19. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ – дата обращения: 06.06.2021.
20. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении сидя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/31970> – дата обращения: 06.06.2021.
21. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62075> – дата обращения: 06.06.2021.
22. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [Электронный ресурс] – URL: <https://www.internet-law.ru/stroyka/text/5212> – дата обращения: 06.06.2021.
23. ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/47422> – дата обращения: 06.06.2021.
24. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> – дата обращения: 07.06.2021.
25. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420362948> – дата обращения: 07.06.2021.
26. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Минздрав России. – Москва, 1997.
27. Белов С.В., Ильницкая А.В., Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов: Высшая школа. – Москва, 1999.

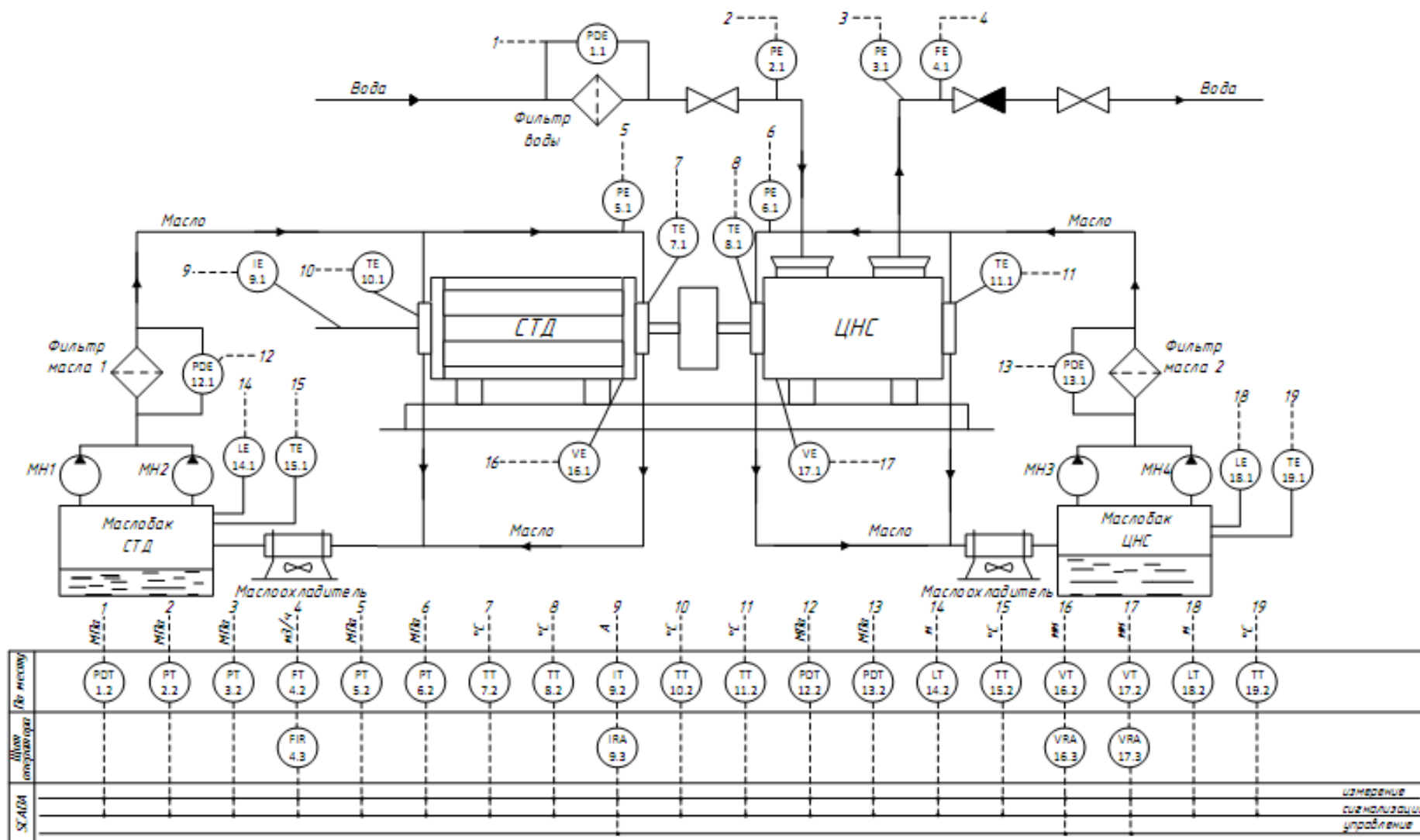
28. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200313/titles> – дата обращения: 07.06.2021.

29. СП 6.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100259> – дата обращения: 07.06.2021.

Приложение А (обязательное) Структурная схема

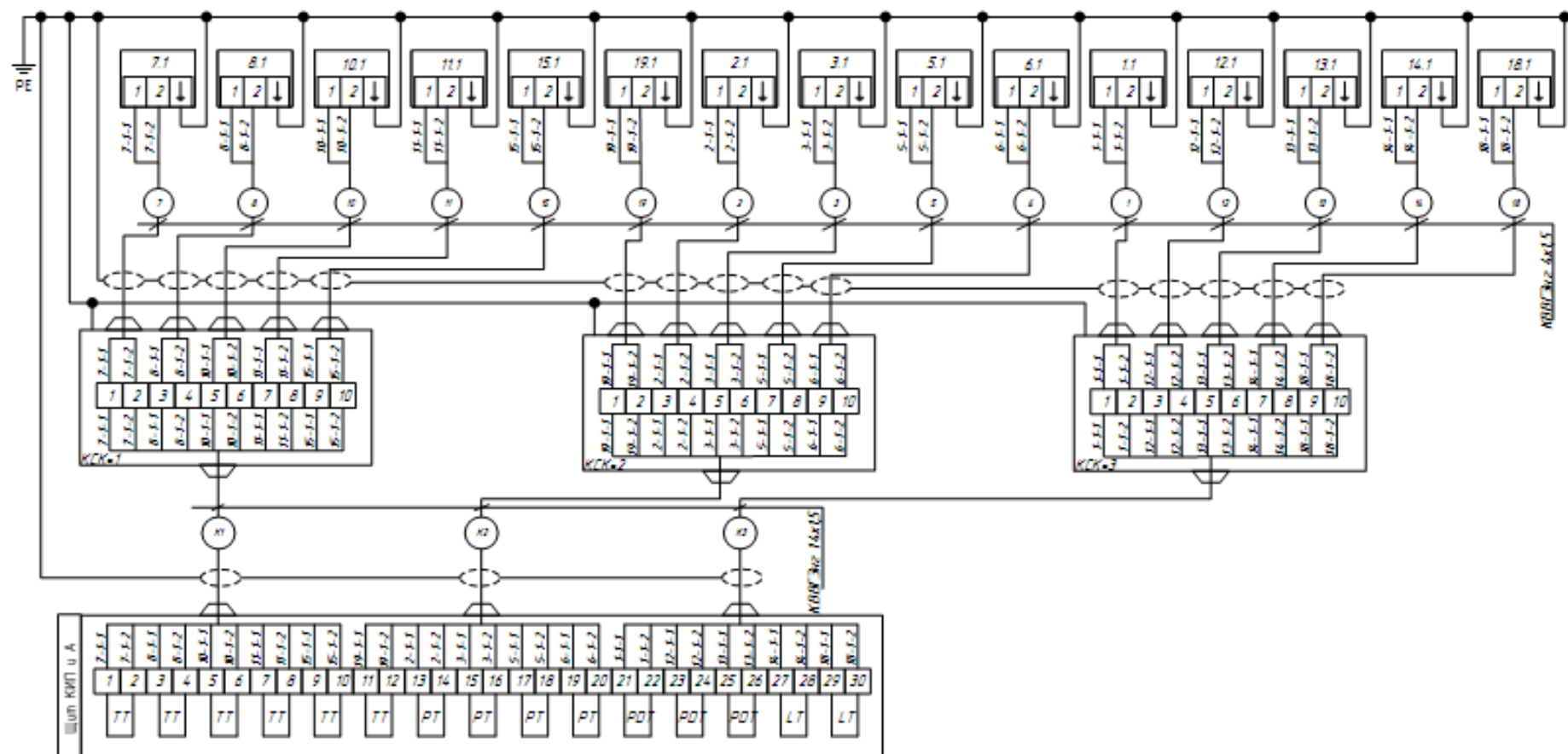


Приложение Б
(обязательное)
Функциональная схема автоматизации

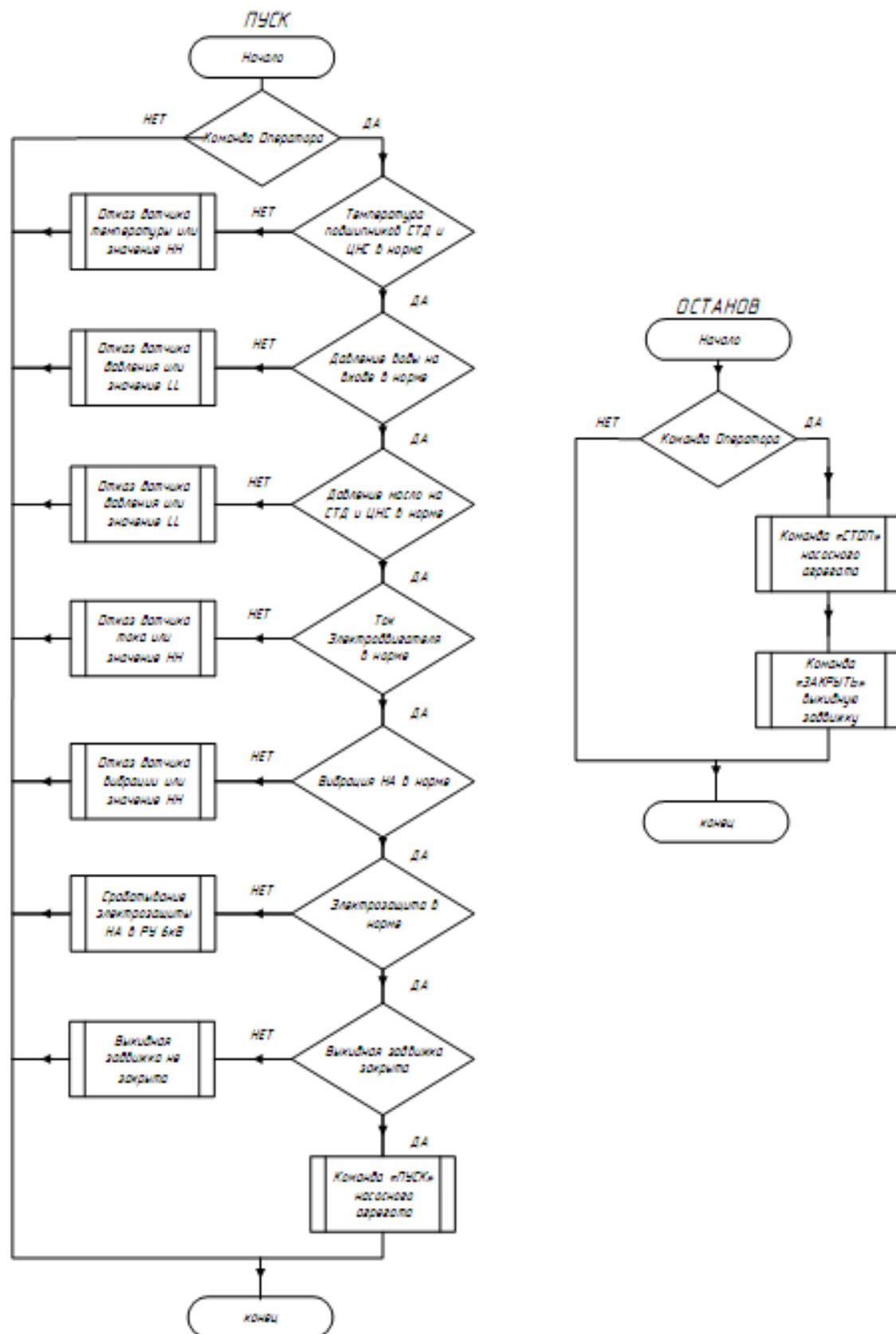


Приложение В (обязательное) Схема внешних проводов

Наименование параметра	Температура						Давление				Перепад давления			Уровень	
Место отбора импульса	Подшипник СТО	Подшипник ЦНС	Подшипник СТО	Подшипник ЦНС	Маслобак СТО	Маслобак ЦНС	Привод насоса	Выход насоса	Масло СТО	Масло ЦНС	Фильтр на входе воды	Фильтр на входе СТО	Фильтр на входе ЦНС	Маслобак СТО	Маслобак ЦНС
Тип датчика	Метран-ТСМУ-205Ех	Метран-ТСМУ-205Ех	Метран-ТСМУ-205Ех	Метран-ТСМУ-205Ех	Метран-ТСМУ-205Ех	Метран-ТСМУ-205Ех	Метран-150ТД	Метран-150ТД	Метран-150ТД	Метран-150ТД	Метран-150СД	Метран-150СД	Метран-150СД	ПМТ-062	ПМТ-062
Позиция	7.1	8.1	10.1	11.1	15.1	19.1	2.1	3.1	5.1	6.1	1.1	12.1	13.1	14.1	18.1



Приложение Г **(обязательное)** **Блок-схема алгоритмов пуска и остановки**



Приложение Д (обязательное) Мнемосхема насосного агрегата БКНС

